

島根中山間セ研報
Bull. Shimane Pref.
Mount. Reg. Res. Ctr.

**BULLETIN OF THE
SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS
REGION RESEARCH CENTER**

**No. 13
May 2017**

島根県中山間地域研究センター研究報告

**第 13 号
平成 29 年 5 月**

SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS REGION RESEARCH CENTER

IINAN, SHIMANE, 690-3405, JAPAN

島根県中山間地域研究センター

島根県飯石郡飯南町

島根県中山間地域研究センター研究報告

第 13 号

平成 29 年 5 月

目 次

《論 文》

シイタケとマイタケ栽培の培地調製において使用する水の重金属濃度が食品安全性に及ぼす影響
..... 富川 康之・園山 雅幸 1

《短 報》

島根県で採集されたきのこ（VI）－2013～2016年の新規同定種－
..... 宮崎 恵子・古賀 美紗都・富川 康之 9

クロモジ挿し木の管理条件と根系生長
..... 富川 康之・小林 義幸・藤原 芳樹・福島 勉 15

島根県の海岸砂丘地におけるクロマツ植栽木の成長状況
..... 三島 貴志・陶山 大志 21

耕作放棄地再生とWCS生産における農業用小型機械を使用した作業体系の実証
..... 坂本 真実・帯刀 一美・西 政敏 25

シイタケとマイタケ栽培の培地調製において 使用する水の重金属濃度が食品安全性に及ぼす影響

富川 康之・園山 雅幸*

Effect of Heavy Metals Concentrations of Water Used for Preparing Medium
of *Lentinula edodes* and *Grifola frondosa* on Food Safety

TOMIKAWA Yasuyuki and SONOYAMA Masayuki*

要 旨

シイタケ (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) とマイタケ (*Grifola frondosa* (Dicks.) Gray) の栽培用おが粉培地にカドミウム, 鉛, ヒ素および水銀をそれぞれ水道水質基準の 1 倍, 2 倍, 4 倍, 8 倍および 16 倍に調製した水を添加して, 子実体の各重金属濃度を分析した。その結果, シイタケとマイタケ子実体の Cd 濃度, Hg 濃度, またシイタケ子実体の As 濃度は, 供試水の濃度を高くするほど増加する傾向を認めた。子実体の Cd 濃度は培地の Cd 濃度よりも高く, 子実体で濃縮されていると推察した。シイタケ子実体の Cd 濃度と Hg 濃度は供試水が水道水質基準の 1~4 倍の濃度において僅かに変化したが, 8 倍と 16 倍の濃度では顕著に増加し, この傾向はマイタケでも同様であった。これにより, 供試水の Cd 濃度を水道水質基準の 8 倍または 16 倍にするとシイタケ, マイタケ子実体の Cd 濃度は培地濃度のそれぞれ 3 倍以上, 6 倍以上となった。これに対して, シイタケ子実体の As 濃度は供試水が水道水質基準の 1~16 倍まで一定の割合で増加し, Cd や Hg の推移とは異なった。これらの結果から, 特に Cd 濃度については国際的な食品安全基準などを参考にして, きのか栽培に使用する水の基準を検討すべきと考える。

キーワード: シイタケ, マイタケ, 重金属濃度, 水道水質基準, 食品安全性

I はじめに

近年, 食品の安全性はその商品の付加価値の一つと考えられるようになった。本県では 2009 年度から, 県内で生産される農林水産物の健康危害要因をできるだけ排除する生産基準を設け, その基準を満たす生産者を認証する制度「安全で美味しい島根の県産品認証 (以下, 「美味しまね認証」と略記)」が運用されている (島根県農産園芸課, 2017)。きのか生産についても美味しまね認証の生産基準が設けられており, 100 項目以上ある基準のうち他産品の基準と比較して特筆すべき点は栽培に使用する水の基準である。元来, きのか生産で使用可能な水は「人

が飲める水」とされてきたが, 近年では全国的な栽培指針などで重金属であるカドミウム, 鉛および水銀と, 同様な有害金属であるヒ素 (以下, ヒ素も重金属として記す) の濃度を水道水質基準値以下とするように奨励されている (全菌協, 2003; 福井, 2012)。これを参考にして, 美味しまね認証のきのか生産基準へはこの奨励目標がそのまま設定されており, 大半の産地で地下水などが使用されている現状において, 一部の生産者からは「基準は高水準過ぎる」との意見が聞かれる。

基準の是非や基準改正の検討はさておき, きのか生産における重金属の影響を把握しておくことは重要と考え

*公益財団法人島根県環境保健公社

る。そこで、重金属の動態を知るための試験として、菌床栽培において最も多量の水を使用する培地含水率の調製作業に着目し、添加する水の重金属濃度を変えた条件でシイタケとマイタケの栽培を試みた。本試験結果のうち、供試水とシイタケ子実体の重金属濃度の関係については既に報告したが（富川ら、2013）、本報告ではこれにマイタケ栽培を加え、また培地の重金属濃度についても分析して、これらの関係について考察した。

II 試験方法

1. 栽培条件

シイタケ栽培には島根県邑智郡内で伐採したコナラ (*Quercus serrata*) から製造したおが粉と、栄養材はニューバイデル（株式会社北研、長期栽培用）を使用し、おが粉：ニューバイデル＝10：1（容積比）を混合した（以下、「培地基材」と記す）。マイタケ栽培には島根県飯石郡内で伐採したコナラから製造したおが粉と、栄養材はフスマとホミニーフードを使用し、おが粉：フスマ：ホミニーフード＝10：0.7：0.3（容積比）を混合した。

供試水はカドミウム、鉛、ヒ素および水銀の標準液（関東化学株式会社、化学分析用）を蒸留水で希釈し、各水道水質基準（カドミウム、鉛およびヒ素：0.01mg/L、水銀：0.0005mg/L、カドミウムは2009年度基準）の1倍、2倍、4倍、8倍および16倍の濃度に調製した。

培地基材に供試水を加えて、含水率を63%（湿量基準）に調製した（以下、「培地」と記す）。培養袋に培地2.6kgを充填し、高圧蒸気滅菌（120℃、60分）した後、シ

イタケ種菌（株式会社北研、北研600号）とマイタケ種菌（森産業株式会社、森51号）を接種した。培養は温度22℃、相対湿度70%でシイタケ菌は90日間、マイタケ菌は75日間とし、子実体育成はいずれも温度18℃、相対湿度90%で管理した。なお、高圧蒸気滅菌と加湿には水道水を使用した。1回の試験（4金属×5濃度）に培地2個を用いて、これを3回繰り返した。

2. 分析方法

栽培に使用した各試験区の培地150gを検体とした。シイタケ子実体は発生初期のみを対象とし、内被膜の一部が切れた時点で採取した。菌柄を切除して、培地毎に菌傘の生重量150g（平均12個）を1検体とした。マイタケ子実体は培地毎に生重量150gとなるように、縦方向に裂いて調製したものを検体とした。

分析方法は食品衛生検査指針理化学編（厚生労働省、2005）に準拠し、一部を改変して次のとおり実施した。カドミウム、鉛およびヒ素は硝酸と過酸化水素添加によるマイクロウェーブ分解をした後、誘導結合プラズマ質量分析計（Agilent, ICP-MS 7500ce）で定量した。水銀は硝酸と硫酸を添加し、次いで過マンガン酸カリウム分解法で処理した後、還元気化原子吸光度計（日本インストルメンツ、RA-2）で定量した。それぞれの定量値から、湿重量当たりの濃度を算出した。

また、おが粉、栄養材および培地基材の重金属について、上述と同じ方法で各濃度を算出した結果、いずれの値も安心きのこ生産マニュアル（全菌協、2003；福井、

表1 おが粉、栄養材および培地基材中の重金属濃度（mg/kg、湿重量当たり）

検体	カドミウム	鉛	ヒ素	水銀
コナラおが粉（シイタケ栽培用）	0.431	1.470	0.044	0.0017
ニューバイデル®	0.104	0.235	0.127	0.0011
培地基材*（シイタケ栽培用）	0.215	1.000	0.040	0.0010
コナラおが粉（マイタケ栽培用）	0.030	0.165	0.017	0.0023
フスマ	0.123	0.378	0.003	0.0010
ホミニーフード	0.005	0.022	0.007	0.0010
培地基材**（マイタケ栽培用）	0.062	0.345	0.015	0.0015

*おが粉：ニューバイデル＝10：1（容積比）

**おが粉：フスマ：ホミニーフード＝10：0.7：0.3（容積比）

2012)で奨励されている値(カドミウム:1.0 mg/kg, 鉛:3.0 mg/kg, ヒ素:2.0mg/kg, 水銀:0.4mg/kg)以下であった(表1)。

Ⅲ 試験結果

1. カドミウム

シイタケ栽培の培地とシイタケ菌傘のカドミウム濃度を図1に示した。培地の濃度と菌傘の濃度はいずれの試験区とも供試水の濃度よりも高かった。また、菌傘の濃度はいずれの試験区とも培地の濃度よりも高かった。水道水質基準(0.01mg/L)の1~4倍の水を添加した試験区は菌傘の濃度が0.186 mg/kg~0.216 mg/kgまで少しずつ増加したが、8倍区は0.620 mg/kg, 16倍区は0.697 mg/kgと著しく増加し、それぞれ培地濃度の3.3倍, 3.4倍となった。

マイタケ栽培の培地とマイタケ子実体のカドミウム濃度を図2に示した。培地の濃度はいずれの試験区とも供試水の濃度とほぼ同じ値であった。また、子実体の濃度はいずれの試験区とも培地の濃度よりも高かった。1倍区は子実体の濃度が0.109 mg/kg, 2倍区は0.113 mg/kgとほぼ同じ値であったが、4倍区は0.186 mg/kg, 8倍区は0.364 mg/kg, 16倍区は0.490 mg/kgと増加し、それぞれ培地濃度の5.6倍, 6.2倍, 4.5倍となった。

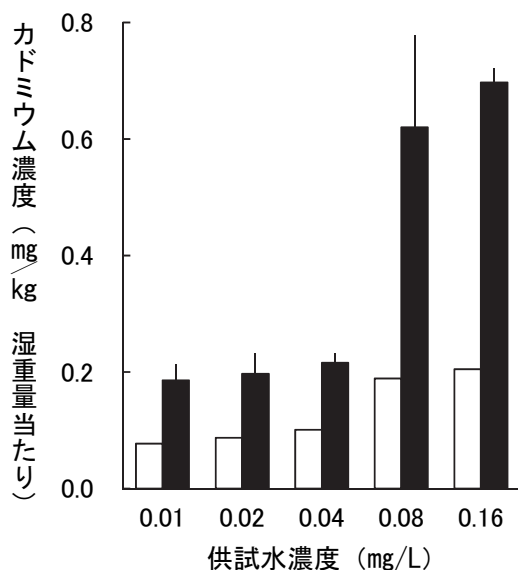


図1 シイタケ培地と子実体のCd濃度

□: 培地, ■: 子実体

Note. エラーバーは標準偏差

2. 鉛

シイタケ菌傘の鉛濃度を図3に示した。なお、いずれの試験区とも培地の濃度は1.4 mg/kg以上で、菌傘濃度との差が大きかったため図中へは示さなかった。各試験区の菌傘の濃度は0.004~0.008mg/kgの範囲で推移し、いずれも供試水の濃度よりも低く、供試水の濃度を高く

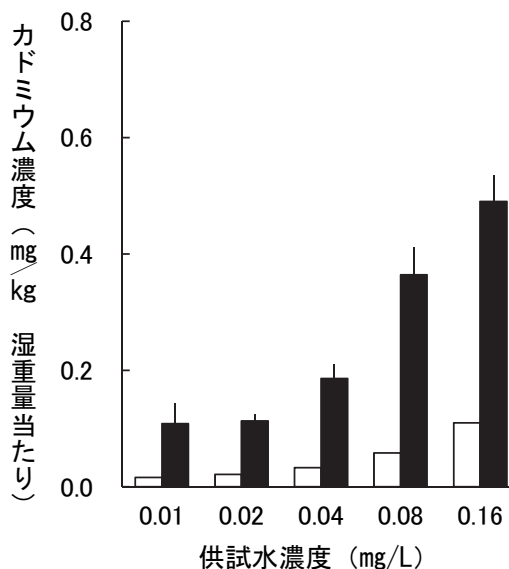


図2 マイタケ培地と子実体のCd濃度

□: 培地, ■: 子実体

Note. エラーバーは標準偏差

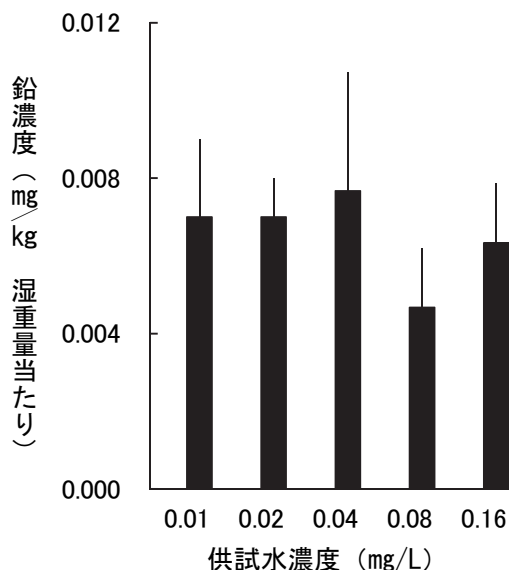


図3 シイタケ培地と子実体のPb濃度

■: 子実体

Note. エラーバーは標準偏差

しても菌傘の濃度が増加する傾向は認めなかった。なお、試験区毎の菌傘濃度は培地濃度の 1/230~1/390 であった。

マイタケ子実体の鉛濃度は、いずれの試験区とも検出限界値 (0.005 mg/kg) 未満であった。

3. ヒ素

シイタケ栽培の培地とシイタケ菌傘のヒ素濃度を図 4 に示した。培地の濃度と菌傘の濃度は水道水質基準 (0.01mg/L) の 1~8 倍の水を添加した試験区で供試水の濃度よりも高く、16 倍区のみ供試水の濃度に達しなかった。また、菌傘の濃度はいずれの試験区とも培地の濃度とほぼ同じ値となり、1 倍区の 0.071mg/kg~16 倍区の 0.131mg/kg へ少しずつ増加する傾向を認めた。

マイタケ子実体のヒ素濃度は、いずれの試験区とも検出限界値 (0.005 mg/kg) 未満であった。

4. 水銀

シイタケ栽培の培地とシイタケ菌傘の水銀濃度を図 5 に示した。培地の濃度は水道水質基準 (0.0005mg/L) の 1~4 倍の水を添加した試験区で供試水の濃度よりも高く、8 倍区と 16 倍区は供試水の濃度に達しなかった。菌傘の濃度は 1~2 倍区が供試水の濃度よりも高く、4~16

倍区は供試水の濃度に達しなかった。また、菌傘の濃度はいずれの試験区とも培地の濃度よりも低かった。1~4 倍区は菌傘の濃度が 0.0009mg/kg~0.0012mg/kg の範囲で推移したが、8 倍区は 0.0015 mg/kg, 16 倍区は 0.0024 mg/kg と増加した。

マイタケ栽培の培地とマイタケ子実体の水銀濃度を図

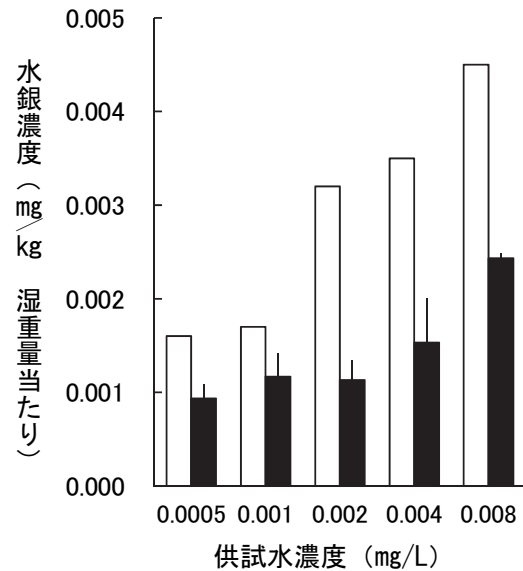


図5 シイタケ培地と子実体のHg濃度

□ : 培地, ■ : 子実体

Note. エラーバーは標準偏差

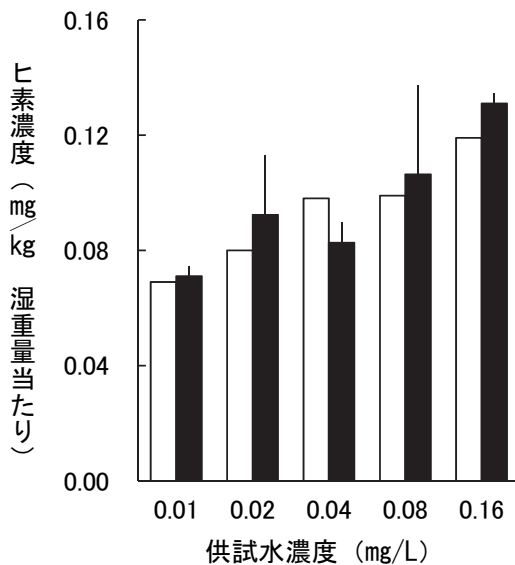


図4 シイタケ培地と子実体のAs濃度

□ : 培地, ■ : 子実体

Note. エラーバーは標準偏差

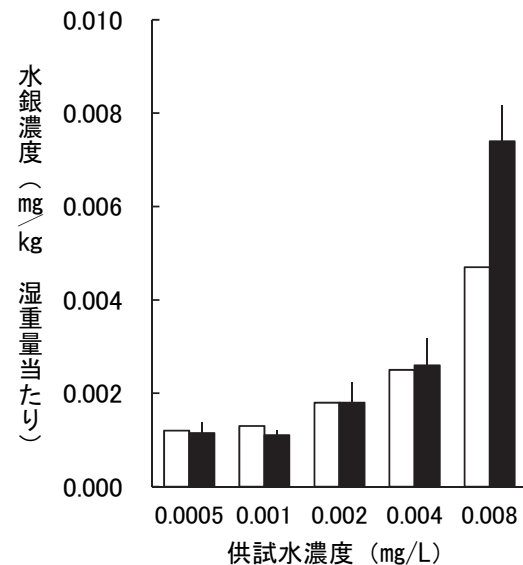


図6 マイタケ培地と子実体のHg濃度

□ : 培地, ■ : 子実体

Note. エラーバーは標準偏差

6に示した。培地と子実体の濃度は1倍区と2倍区が供試水の濃度よりも高く、4~16倍区は供試水の濃度に達しなかった。また、1~8倍区は子実体の濃度と培地の濃度がほぼ同じ値であったが、16倍区のみ子実体の濃度が高かった。1~4倍区は菌傘の濃度が0.0011 mg/kg~0.0018 mg/kgの範囲で推移したが、8倍区は0.0026 mg/kgと少し増加し、16倍区は0.0074 mg/kgと著しく増加して培地濃度の1.6倍となった。

IV 考察

きのこ類が吸収する無機元素については自生きのこ、栽培きのこに関わらず菊池ら(1984)は21種、川井ら(1986)は29種、奥井ら(1991)は16種を対象にして、あわせて20元素以上が分析されている。また、栽培きのこの付加価値としてミネラル類、ビタミン類に関する研究(青柳ら, 1993; Masuda *et al.* 2009 A; Masuda *et al.* 2009 B; 寺嶋ら, 2008)や、健康危害物質とされる重金属、農薬および放射性元素に関してシイタケについては西本ら(1977)、大江ら(1981)、青柳ら(1993)、奥井ら(1991)、飯島ら(2009)、マイタケについては川井ら(1994)、その他4種については西本ら(1977)、佐々木ら(1995)、佐藤ら(1995)によって分析されている。これらの報告によって、多くの無機元素や化合物はきのこ類の生育環境から菌糸へ取り込まれ、子実体へ移行・蓄積し、物質によっては子実体で特異的に濃縮することが明らかにされている。

しかし、上述した報告の多くはきのこの生息地や栽培資材に含まれる物質の濃度と子実体濃度との関係が調べられており、培地原料毎の影響が検討された例は見当たらない。本試験では培地原料の一つとして、重量割合が最も大きい水の重金属濃度を試験対象とした(富川, 2013)。培地基材へ添加する水のカドミウム、鉛、ヒ素および水銀の濃度を高くするにしたがって各培地の重金属濃度は高くなる傾向を認めたが、子実体の重金属濃度はきのこの種類と重金属の種類によって増加程度に差を認めた。供試水の重金属濃度を高くするにしたがって子実体の濃度が増加したのはシイタケではカドミウム、ヒ素および水銀、マイタケではカドミウムと水銀であった。これに対して、シイタケ子実体の鉛濃度は供試水の濃度を高くしても変化しなかった。また、マイタケ子実体の

ヒ素濃度は明らかに低く、シイタケの結果と大きく異なった。

添加した水の重金属濃度と培地および子実体の重金属濃度の関係は重金属の種類によって異なった。カドミウムはシイタケ、マイタケとも培地の濃度よりも子実体の濃度が明らかに高く、子実体へは濃縮されて蓄積すると考えられ、これは大江ら(1981)、青柳ら(1993)、川井ら(1994)の報告と同様であった。子実体でのカドミウム濃縮についてブナシメジ(*Hypsizygus marmoreus*)、ナメコ(*Pholiota microspora*)、エノキタケ(*Flammulina velutipes*)は佐々木ら(1995)によって、ヒラタケ(*Pleurotus ostreatus*)は川井ら(1994)によって報告されており、きのこ類において生体濃縮が生じやすい重金属と考えられる。また、カドミウムは添加した水の濃度が比較的低い場合(シイタケでは水道水質基の1~4倍区、マイタケは1~2倍区)では子実体の濃度はほぼ同じ値で推移したが、供試水の濃度を比較的高くした場合に子実体の濃度が増加する傾向を認めた。8~16倍区ではシイタケ子実体の濃度は培地濃度の3倍以上、マイタケでは6倍以上に達する場合もあり、供試水のカドミウム濃度が高い条件では子実体での濃縮率が高くなると推察する。

ヒ素については、添加した水の濃度を高くするとともに培地とシイタケ子実体の濃度が少しずつ増加した。供試水の濃度が比較的低い条件でも子実体の濃度が増加する点で、カドミウムの結果と異なった。試験結果に示した図4では子実体の濃度が直線的に増加しているように見えるが、本試験では供試水の濃度間隔を2の累乗としているので実際の子実体濃度は対数曲線に従って変化しており、供試水の濃度が低いほど子実体濃度の変化が大きいといえる。

水銀については、供試水の濃度が比較的低い場合(シイタケでは水道水質基の1~4倍区、マイタケは1~2倍区)に子実体の濃度変化は小さく、供試水の濃度が比較的高い条件で子実体の濃度が増加する傾向はカドミウムと同様であった。また、マイタケの16倍区では子実体の濃度が培地の濃度よりも高くなり、子実体での濃縮が推察された。これらのことから、水銀の動態はカドミウムに類似すると考えられる。

国内では栽培きのこ類の重金属濃度について食品安全

性に関する基準は定められていないが、EUではカドミウムについてシイタケは 0.2 mg/kg以下、マイタケは 1.0 mg/kg以下、鉛についてはシイタケが 0.3 mg/kg以下に規制され、また中国ではカドミウムについてシイタケは 0.5 mg/kg以下、マイタケは 0.2 mg/kg以下、鉛についてはきのこ類が 1.0 mg/kg以下、ヒ素についてはきのこ類が 0.5 mg/kg以下に規制されている（農林水産省，2017）。近年、Codex 委員会などによって国際的に食品安全基準の設定が進められていることを考えると、国内の栽培きのこ類においても海外の基準と同等な水準を目標にすべきである。本試験では海外の基準を超える値は認めなかったが、シイタケ子実体のカドミウム濃度は水道水質基準の 1 倍区において平均値は 0.2mg/kg以下（EU 基準）であったものの、検体によってはそれを超える値が検出された。このことから、培地基材に添加する水のカドミウム濃度は水道水質基準以下にするのが適当と考える。カドミウムの水道水質基準は 2010 年度に改正され、現在は 0.003 mg/L 以下であるが、栽培に使用する水の基準をどの程度にするかは慎重に検討すべきと考える。

本試験では主に培地基材に添加する水と子実体の重金属濃度の関係を検討したが、それ以外にもいくつかの知見が得られた。一つは、培地基材の重金属濃度の影響である。添加した水の濃度よりも培地の濃度が高く、これにより子実体の濃度が高くなる例がみられた。カドミウムについては濃縮による影響も考えられるが、別の要因として培地基材由来の重金属が関係していることが容易に推察できる。培地基材の重金属濃度が本試験の条件と異なる場合、子実体の濃度も変化すると考えられ、使用する水の基準に併せて培地基材の基準設定も必要であろう。本試験ではおが粉、栄養材に含まれる重金属濃度が安心きのこ生産マニュアル（全菌協，2003；福井，2012）の奨励基準以下の条件で実施したが、さらに詳細な使用条件を定めることは今後の課題である。そのためには寺嶋ら（2008）、Masuda *et al.*（2009 A）、Masuda *et al.*（2009 B）が実施したように、水溶液以外の試薬や資材で培地の濃度を調製して子実体の濃度との関係を検討する必要がある。

二つめは、きのこの生育不良についてである。試験当初に、供試水の水銀濃度を水道水質基準の 16 倍にした試験区で一部の培地にマイタケ菌糸の生長異常を認めたが、

その培地での子実体重量は比較的小さく、子実体の水銀濃度も比較的低かった。著者らはこの結果について水銀による生育障害と考察して口頭発表した（第 61 回日本森林学会関西支部大会，2010，松江市）。本報は供試培地を補完して、マイタケの菌糸生長に異常を認めなかった培地の結果を用いたが、水銀による生育障害が解決したのではなく、今後もこのような障害は起こり得ると考える。同様な例として、カドミウムによるシイタケとナメコの子実体形成抑制（西本ら，1977）、チアベンダゾールによるヒラタケの菌糸生長と子実体形成抑制（佐藤ら，1995）や、一方でカリウム、カルシウムはヒラタケの菌糸生長と子実体形成を促進することが報告されており（関谷，1999；Masuda *et al.* 2009A）、無機元素や化合物がきのこの生育へ特異的に作用することを考慮する必要がある。

本試験結果から、供試した重金属のうちカドミウムはシイタケ、マイタケの子実体に蓄積しやすいため、特に注意すべきである。ヒ素は水道水質基準を少し超えた場合でも子実体の濃度が変化しやすいことから、安全基準の設定は重要と考える。水銀は培地へ添加する水の濃度と子実体濃度の関係がカドミウムの動態と類似することが判明した。栽培に使用する水の安全基準としてきのこ毎、重金属毎に個別の値を設定するのは煩雑であり、一律基準を設けるのであればカドミウムの試験結果に基づいて「水道水質基準以下」とするのが適当と考える。ただし、本試験は培地へ添加する水についてのみ検討しており、きのこ栽培では散水、加湿などによって培地や子実体へ直接接触する水分もあるため、本試験で子実体の濃度が比較的低かった鉛や、マイタケ栽培におけるヒ素についても無視することはできない。これら、散水などによる影響は、別途試験によって確認したい。

V 謝辞

本調査はシイタケとマイタケの標準的な栽培を前提とし、これを改変した試験区を設けたが、栽培に使用する資材として本県の代表的なきのこ産地からおが粉、栄養材などを提供して頂き、各種の栽培工程を提示して頂いた。それぞれの産地、並びに島根きのこ生産振興会へ感謝の意を表す。併せて、実験計画についてご指導いただいた公益財団法人島根県環境保健公社の小村雅男氏、並

びに分析結果の解釈について解説していただいた同じく
県環境保健公社の古田耕一氏に厚くお礼を申し上げる。

引用文献

青柳康夫・春日敦子・佐々木弘子・松沢睦子・伝川祐子・
川井英雄 (1993) 原木栽培と菌床栽培シイタケの一般
成分と無機質含量の比較ならびに培地成分との関係。
日食工誌 40(11) : 771-775.

福井陸夫 (2012) 安心きのこ生産マニュアル (2012 年度
版きのこ年鑑, プランツワールド) : 122-126.

飯島育代・高城裕之・戸村健児・杉山英雄 (2009) 農作
物中の元素の濃度分布に関する検討. 日食化誌
16(3) : 123-136.

川井英雄・松沢睦子・伝川祐子・佐々木弘子・春日敦子・
青柳康夫 (1994) 菌床栽培ヒラタケおよびマイタケの
子実体成分と培地との関係 — 一般成分と無機質量に
ついて —. 日食工誌 41(6) : 419-424.

川井英雄・菅原龍幸・松沢睦子・角屋敷佳代子・青柳康
夫・細貝祐太郎 (1986) 食用キノコの無機質含有量。
日食工誌 33(4) : 250-255.

菊池正行・玉川勝美・広島紀以子・相原良之・三島靖子・
関敏彦・角田行 (1984) 食用きのこの金属濃度に関す
る調査研究. 食衛誌 25(6) : 534-542.

厚生労働省 (2005) 食品衛生検査指針理化学編 2005. 社
団法人日本食品衛生協会 : 367-447.

Masuda, Y., Tomikawa, Y., Uehara, T., Nakao, T., Katoh,
S., Sato, K. and Masunaga, T. (2009 A) Mycelial
growth rate, fruiting body yield, calcium content
and calcium from of *Pleurotus ostreatus* fruiting
bodies cultivated on media enriched with sesame
hulls. Mushroom science and biotechnology 17 (3) :
117-120.

Masuda, Y., Tomikawa, Y., Uehara, T., Nakao, T., Sato,
K. and Masunaga, T. (2009 B) Cultivation of
selenium-rich *pleurotus ostreatus* on media
containing sesame hulls. Journal of the forest
biomass utilization society 4(2) : 61-65.

西本哲昭・藤田桂治・古川久彦・吉本衛 (1977) 精錬所
の排煙による林野の重金属 (カドミウム, 亜鉛, 銅)
蓄積とシイタケ・ナメコの重金属吸収. 林試研報 298 :
1-37.

農林水産省 (2017.1 更新) 個別危害要因への対応。
[http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_anal
ysis/priority/hazard_chem.html](http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/hazard_chem.html) (2017.1 ダウンロー
ド).

大江章夫・杉谷哲・山田不二造 (1981) シイタケにおけ
るカドミウム濃縮性とその化学形について. 食衛誌
22(5) : 345-350.

奥井登代・小林智・瀧澤南海雄 (1991) 北海道における
きのこの放射性セシウム濃度と環境からの移行 (第 2
報). 道衛研所報 41 : 35-39.

佐々木弘子・青柳康夫・春日敦子・田中裕子・松沢睦子・
川井英雄 (1995) 菌床栽培ブナシメジ・ナメコ・エノ
キタケの一般成分と無機質含量ならびに培地成分との
関係. 日食工誌 42(7) : 471-477.

佐藤姚子・関谷敦・浅輪和孝 (1995) ヒラタケの菌床培
地に施用した殺菌剤チアベンダゾールの子実体による
吸収. 日林誌 77(4) : 353-357.

関谷敦 (1999) ビール粕を主成分とする培地におけるヒ
ラタケ子実体の発生に及ぼすカリウムの添加効果. 日
本応用きのこ学会誌 7(2) : 65-69.

島根県農産園芸課 (2017.1 更新) 美味しまね認証
<http://www.oishimane.com/> (2017.1 ダウンロード).

寺嶋芳江・鈴木亜夕帆・渡邊智子 (2008) シイタケ・ヒ
ラタケ・マイタケ栽培培地へ添加したビタミン B₁ 塩酸
塩の子実体内ビタミン B₁ 含有量への影響. 日本きのこ
学会誌 16(1) : 31-35.

富川康之・小村雅男・古田耕一 (2013) シイタケ栽培用
培地へ添加する水の重金属等の濃度が子実体への重金
属等の蓄積に及ぼす影響. 森林応用研究 22(2) :
25-30.

全国食用きのこ種菌協会きのこ安全保障システム対策委
員会 (2003) 安心きのこ生産マニュアル (栽培・種菌
製造). 全国食用きのこ種菌協会.

Effect of Heavy Metals Concentrations of Water Used for Preparing Medium
of *Lentinula edodes* and *Grifola frondosa* on Food Safety

TOMIKAWA Yasuyuki and SONOYAMA Masayuki*

ABSTRACT

Shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) and Maitake (*Grifola frondosa* (Dicks.) Gray) mushrooms were cultivated using sawdust medium containing test water to which were Cd, Pb, As and Hg added at higher concentration than in drinking water standard. The concentrations of the each heavy metal in test water were adjusted to be 1, 2, 4, 8 and 16 times higher than that of drinking water standard and then the concentrations of each metal in the fruit bodies were analyzed. As a result, the concentrations of Cd, Hg in the Shiitake and Maitake fruit bodies, and also As contained in Shiitake fruit bodies tended to be higher with increase in the concentration of the each metal in test water. It was suggested that Cd were concentrated in fruit bodies due to the concentrations of Cd in fruit bodies were higher than concentrations of medium. The concentrations of Cd and Hg in Shiitake fruit bodies slightly changed only at test water of concentrations in 1-4 times as much as that of drinking water standard, and yet remarkably increased at concentration of 8 and 16 times, and Maitake fruit bodies had also the similar tendency. For that reason, the concentrations of Cd in Shiitake and Maitake fruit bodies reached to 3 and 6 times or more as much as medium, respectively, at test water of Cd concentrations 8 or 16 times as much as drinking water standard. However, the concentrations of As in Shiitake fruit bodies increased at a constant rate from test water of 1 times as much as that of drinking water standard to 16 times, that transition differed from Cd and Hg. Based on these results, it was considered that the standard of water used for cultivation of mushrooms should be examined that reference the such as international food safety standards about concentrations of Cd in particular.

Keywords : shiitake mushroom, maitake mushroom, heavy metal concentration, drinking water standard, food safety

島根県で採集されたきのこ (VI)

—2013~2016 年の新規同定種—

宮崎 恵子・古賀 美紗都*・富川 康之

Higher Fungi Collected in Shimane Prefecture (VI)

—New Native Species Identified from 2013 to 2016—

MIYAZAKI Keiko, KOGA Misato*, and TOMIKAWA Yasuyuki

要 旨

2013~2016 年に島根県内で採集された子実体を観察し、新規に 24 種を同定した。このうち、既存の採集記録に略名で掲載していた 1 種をウスムラサキフウセンタケ (*Cortinarius subalboviolaceus*) と同定した。また、ナラタケ属菌は 2013 年より前に採集した子実体も含めて分離菌糸を DNA 解析した結果、新規 4 種の分布を確認した。これら 28 種 (2 綱 5 目 13 科 17 属) は新規同定種として採集記録に掲載した。一方、これまで採集記録に掲載していたキヒダナラタケ (*Armillaria* sp.) を記録から除外した。これにより、本県採集子実体のうち種名を特定したきのこは 676 種 (8 綱 23 目 91 科 269 属) となり、略名で記録している 44 種を合わせると県内自生種は少なくとも 720 種と考えられた。

キーワード：きのこ、同定、DNA 解析、採集記録、採集時期

I はじめに

当センターでは本県に自生するきのこの発生実態を調査しており、その結果は食用きのこの栽培化に向けた研究に利用している。また、県内のきのこ資源量を把握することは森林レクリエーション活動や自然教育などを支援するためにも有益であり、調査結果はできるだけ詳細に記録している。本報告の第 1 報では、著者らが観察した種の他に文献 (山本・安盛, 1960; 尾添, 2003; 前川, 2004) や当センターに残されている乾燥標本などを整理して、1956~2008 年に本県で採集されたきのこを報告した (富川・齋藤, 2009)。第 2~5 報ではいくつかの調査手法を試みて、同定結果、種ごとの採集頻度、調査手法の有効性などを報告し、2012 年までの新規同定種を採集記録へ追加した (富川・宮崎, 2012; 宮崎・富川, 2012; 宮崎・富川, 2013; 古賀ら, 2016)。また、当センターが

対応したきのこ鑑定依頼の内容を集計し、県民の野生きのこに対する関心を考察した (宮崎・富川, 2014)。

本報告は第 6 報として、2013~2016 年に採集された子実体のうち新規に同定した種を報告する。一方、ナラタケ属菌については Ota *et al.* (2011) によって DNA の塩基配列に基づく新しい分類が報告されており、著者らも Maphosa *et al.* (2006), Hasegawa *et al.* (2010) の解析手法にしたがって本属菌を再調査した。この調査には 2013 年より前に採集された子実体も供試したが、本調査期間の同定種として報告する。

II 調査方法

1. 採集地・採集方法

2013~2016 年、調査林 (富川・齋藤, 2009) など著者らが採集した子実体と、著者ら以外が採集した子実体

*元島根県中山間地域研究センター農林技術部、嘱託研究員 (元島根大学総合科学研究支援センター遺伝子機能解析部門、客員研究員)

についても採集日，採集場所が明らかな場合に調査対象とした（14市町，標高10～940m）。

2013年10月上旬に飯石郡飯南町で開催されたきのご観察会と，各調査年の10月上旬～中旬に2会場（松江市宍道町，雲南市三刀屋町）で開催されたきのご観察会，計9回に参加して他の参加者（25～38名）とともに子実体を採集した。飯南町の子実体採集地は標高550～700mの落葉広葉樹林，宍道町は標高100～170mの常緑広葉樹林，三刀屋町は標高150～300mの常緑広葉樹林であった。落葉広葉樹林はコナラ，常緑広葉樹林はスダジイが優占し，それぞれアカマツが混交していた。

2016年は全国高校生自然環境サミットが本県で開催され，鹿足郡吉賀町の島根県立吉賀高等学校が幹事校として企画運営された。5月中旬～7月上旬，高校生によって学校周辺の森林で自生きのきご観察され，著者らはこれに併せて自生種の分布を調査した。調査林は標高250～300m，コナラが優占する落葉広葉樹林であった。

ナラタケ属菌については，2008～2013年に本県東部地域で採集された子実体のうち，つばを認めた子実体を調査対象とした。

2. 同定・分類

子実体，胞子などの形態，発生場所などの情報を図鑑（本郷，1994；本郷，2001；池田，2013；今関・本郷，1987；今関・本郷，1989；今関ら，1988；長沢，2003；城川・青島，1996），文献（本郷，1982；Nagasawa，2001）の記載内容と照合した。学名は Index Fungorum（CABI Bioscience *et al.*，2017）に従い，学名と和名の照合は勝本（2010），今関ら（2011）の記述を参照した。

ナラタケ属菌は子実体，胞子などの形態観察に加え，子実体の組織分離菌51株からDNAを抽出し，ITS領域とEF-1 α 領域の塩基配列を日本DNAデータベース（DDBJ）と照合した（古賀ら，2016）。

Ⅲ 調査結果

観察した子実体は少なくとも1,227個体で，これらは6綱19目65科151属304種であった。このうち，本報告の第1報，3報および4報（富川・齋藤，2009；宮崎・富川，2012；宮崎・富川，2013）に未掲載の2綱5目13科17属28種を目録に示した。

調査期間中に採集された新規同定種は24種で，このうちきのご観察会での採集は宍道町でシロヤマドリタケ（No.21），三刀屋町でネズミシメジ（No.3）とカレバハツ（No.24），また両会場でコビチャニガイグチ（No.19）とシロクロハツ（No.23）の5種であった。吉賀町の調査ではオニフウセンタケ（No.13）とウスムラサキフウセンタケ（No.15）の2種を認めた。

DNA解析結果を参照したナラタケ属菌の同定ではナラタケ（*Armillaria mellea*，第1報目録のNo.40），クロゲナラタケ（No.4），ワタゲナラタケ（No.5），ヤチナラタケ（No.6）およびキツブナラタケ（No.7）の5種を認め（古賀ら，2016），第1報で報告したナラタケ以外の4種を目録へ掲載した。

目録には各種の採集時期，採集地の林相，きのご観察会での採集であるかを示した。林相を示さなかった種は6種で，それぞれ特定の基質上，あるいは特定樹木周辺の地上から採集した。ビロードエノキタケ（No.9）は広葉樹朽木，キヌオオフクロタケ（No.10）は枯死した落葉広葉樹の幹，シュタケ（No.26）はシイタケほだ木，オオノウタケ（No.12）は落葉堆積地で認めた。また，ミダレアミイグチ（No.17）はモクセイ科，ツツジ科などの庭木樹下，キツネハツ（No.25）はコブシ，ケヤキの緑化木樹下で採集した。林相を示した種のうち次の2種は子実体発生位置が特異的であり，ヤケノシメジ（No.2）は焚火跡，クリノシロコナカブリ（No.8）はクリ属樹種の殻斗から採集した。

クロゲナラタケの採集時期は9月下旬～10月下旬とナラタケ属菌の中では比較的長く，採集した林相は常緑広葉樹林，落葉広葉樹林およびスギ林で，広葉樹，スギ，アカマツの材上あるいは各林地上であった。ワタゲナラタケは常緑広葉樹林，落葉広葉樹林の他，モウソウチク林でも採集された。キツブナラタケのみ採集時期が10月中旬～11月上旬であり，ナラタケ属菌の中では比較的遅かった。

目 録

種名の後に，採集時期（月および上～下旬の区別），採集した林相（常緑広葉樹林および落葉広葉樹林はそれぞれ「常緑樹林」および「落葉樹林」と略記），観察会の採集であるかを記した。

Hygrophoraceae スメリガサ科

Hygrocybe アカヤマタケ属

1. *Hygrocybe acutoconica* トガリツキミタケ, 9 上, 9 下, 常緑樹林

Lyophyllaceae シメジ科

Tephrocybe ヤケノシメジ属

2. *Tephrocybe anthracophila* ヤケノシメジ, 10 下, 落葉樹林

Tricholomataceae キシメジ科

Tricholoma キシメジ属

3. *Tricholoma virgatum* ネズミシメジ, 10 上, アカマツ林, 観察会

Physalacriaceae タマバリタケ科

Armillaria ナラタケ属

4. *Armillaria cepistipes* クロゲナラタケ, 9 下, 10 上, 10 中, 10 下, 常緑樹林, 落葉樹林, スギ林
5. *A. gallica* ワタゲナラタケ, 10 上, 10 中, 常緑樹林, 落葉樹林, 竹林
6. *A. nabsnona* ヤチナラタケ, 10 上, 10 中, 常緑樹林
7. *A. sp.* キツブナラタケ, 10 中, 10 下, 11 上, 常緑樹林, 落葉樹林

Mycenaceae クスギタケ科

Mycena クスギタケ属

8. *Mycena sp.* クリノシロコナカブリ, 7 上, 落葉樹林

Xeromphalina ヒメカバイロタケ属

9. *Xeromphalina tenuipes* ビロードエノキタケ, 9 下

Pluteaceae ウラベニガサ科

Volvariella フクロタケ属

10. *Volvariella bombycina* キヌオオフクロタケ, 6 下

Agaricaceae ハラタケ科

Cyathus チャダイゴケ属

11. *Cyathus stercoreus* ハタケチャダイゴケ, 7 下, 8 下, 落葉樹林

Calvatia ノウタケ属

12. *Calvatia boninensis* オオノウタケ, 8 下

Cortinariaceae フウセンタケ科

Cortinarius フウセンタケ属

13. *Cortinarius nigrosquamosus* オニフウセンタケ, 6 上, 落葉樹林
14. *C. praestans* ムレオオフウセンタケ, 9 下, 落葉樹林
15. *C. subalboviolaceus* ウスムラサキフウセンタケ, 5 中, 5 下, 6 上, 7 上, 落葉樹林
16. *C. sp.* ニセムラサキアブラシメジ, 9 中, 落葉樹林

Boletinellaceae ミダレアミイグチ科

Boletinellus ミダレアミイグチ属

17. *Boletinellus merulioides* ミダレアミイグチ, 6 下

Boletaceae イグチ科

Tylopilus ニガイグチ属

18. *Tylopilus alkalixanthus* ウスキニガイグチ, 9 下, アカマツ・コナラ林
19. *T. otsuensis* コビチャニガイグチ, 10 上, 10 中, 常緑樹林, アカマツ・コナラ林, 観察会

Boletus ヤマドリタケ属

20. *Boletus hiratsukae* ススケヤマドリタケ, 9 上, アカマツ・コナラ林
21. *B. sp.* シロヤマドリタケ, 10 上, 常緑樹林, 観察会

Russulaceae ベニタケ科

Russula ベニタケ属

22. *Russula aeruginea* クサイロハツ, 7 上, 落葉樹林
23. *R. albonigra* シロクロハツ, 10 上, 常緑樹林, 観察会
24. *R. castanopsidis* カレバハツ, 10 上, 常緑樹林, 観察会
25. *R. earlei* キツネハツ, 7 中

Polyporaceae タマチヨレイタケ科

Pycnoporus シュタケ属

26. *Pycnoporus cinnabarinus* シュタケ, 8 下

Fomitopsidaceae ツガサルノコシカケ科

Fomitopsis ツガサルノコシカケ属

27. *Fomitopsis castanea* クロサルノコシカケ, 11 上, 落葉樹林

Geoglossaceae テングノメシガイ科

Trichoglossum テングノメシガイ属

28. *Trichoglossum hirsutum* テングノメシガイ, 8 下, 落葉樹林

IV 考察

本報では新規に同定した 28 種を報告したが, このうち数種は子実体の採集条件が特徴的であり, 子実体発生実態を考察するとともに今後の調査方針を述べる。クリノシロコナカブリ (No. 8), ハタケチャダイゴケ (No. 11) およびテングノメシガイ (No. 28) は著者らが 10 年以上継続してきのこ発生実態を観察した調査林(富川・齋藤, 2009)などで採集された。3 種とも子実体が比較的小型であるためこれまでは見落としていた可能性が考えられるが, いずれも 2015 年と 2016 年の 7 月上旬~8 月下旬に集中して採集しており, 夏季の気象が影響したとも推察される。夏季は子実体の生長が速く, 昆虫による摂食, 腐敗, 乾燥による劣化が生じ易いため, 採集間隔を短くするなどの工夫が必要と考える。

宍道町と三刀屋町のきのこ観察会では, 2015~2016 年の 2 年間に合わせて 5 種が新規に採集された。宍道町では 2006 年から, 三刀屋町では 2011 年から, 毎年 10 月上旬~中旬にそれぞれ同じ林地できのこ観察会が開催され, 多くの参加者によって毎回 50 種程度のきのこが観察されているにもかかわらず, 5 種とも 2 年間に集中して採集された点に注目した。さらに, コビチャニガイグチ (No. 19) は両観察会だけでなく, 同年の同時期に他地域(落葉広葉樹林)でも採集した。これらは上述したクリノシロコナカブリなどの新規採集について考察したのと同様に, 調査年の気象条件が大きく関係していると推察する。

本県西部地域の吉賀町では 5 月中旬~7 月上旬にウスムラサキフウセンタケ (No. 15), 6 月上旬にオニフウセンタケ (No. 13) を新規に認めた。著者らがこれまで主に調査してきた県東部地域と比較して, 吉賀町の気象や植生に大きな違いはなく, 2 種の同定に至ったのは適期調査によって多くの子実体が観察できたためと考える。フウセンタケ属の子実体観察では明瞭な特徴を確認できないまま未同定とする例が多いが, 本調査では生育ステージの異なる数個体の子実体が得られたことは好条件であった。これにより, 本報告の第 1 報で略名とした子実体の特徴と照合して, 2004 年の 10 月下旬, 2006 年の 7 月上旬に採集したフウセンタケ属-1(第 1 報目録の No. 185) をウスムラサキフウセンタケと同定した。このフウセンタケ属 2 種は, 本調査で子実体を採集した 5 月中旬~7 月上旬に他地域でも発生しているかを確認したい。また, 未だ本属菌 4 種を略名で記録しているため, これらについては採集時期を検討して子実体採集を徹底したい。

トガリツキミタケ (No. 1), ネズミシメジ (No. 3), カレバハツ (No. 24) などは過去に類似した子実体を多数観察したものの同定には至らなかったが, 本調査で種の形態的特徴(今関・本郷, 1987; 今関・本郷, 1989)が確認できたため種名を当てた。これに対し, 次の 3 種は希少な採集機会に以下の特徴が観察されたことから同定した。クリノシロコナカブリは胞子やシスチジアの形状と子実体がクリ属樹種の殻斗から発生した点が池田(2013)の記載と一致した。ミダレアミイグチ (No. 17) は孔口が放射状の深い縦壁と浅い横壁で形成された網目状, 柄は偏心生で短く, 子実体がモクセイ科, ツツジ科などの庭

木樹下に発生した点が本郷 (1982), Nagasawa (2001) の報告と一致した。テングノメシガイ (No. 28) は子実層中に剛毛があり、胞子が 15 隔壁である (今関・本郷, 1989) ことから判断した。

ナラタケ属菌については採集子実体の形態観察と DNA 解析によって、供試した 51 菌株すべてが調査結果で述べた 5 種のいずれかに該当した。一方、本報告の第 1 報へ掲載したキヒダナラタケ (*Armillaria* sp., 第 1 報目録の No. 42) は本種を特定する調査結果が得られなかったため、これまでの採集記録から種名を除外した。これにより、本県に自生するナラタケ属菌として本調査で認めた 5 種と、つばを持たないナラタケモドキ (*A. tabescens*, 第 1 報目録の No. 41) を合わせて、少なくとも 6 種の分布を確認した。

ナラタケ属菌を子実体の形態的特徴から同定するには傘の色や鱗片の形状、つばの形質、担子器基部のクランプなどが観察部位とされている (本郷, 2001; 池田, 2013)。しかし、これらの部位においてクロゲナラタケ (No. 4) とワタゲナラタケ (No. 5) の特徴は類似していたため、両者の区別は容易ではなかった。両種の傘鱗片については脱落の程度と末端細胞の長さの違い、つばについては裂け方が異なるなどのいくつかの点で差異が報告されているが (綿貫ら, 2000; Antonin et al., 2009), これらの詳細な観察による同定は今後の課題である。

ナラタケ属 51 菌株のうちナラタケ、クロゲナラタケおよびキツブナラタケ (No. 7) はそれぞれ 17 菌株, 16 菌株および 7 菌株で、それぞれの子実体は日本海沿岸の低標高地から標高 600m 以上の中国山地 (4~5 市町) に及ぶ広域で採集した。ワタゲナラタケは 9 菌株で、子実体採集地は標高 170m 以上 (3 市町) と比較的高い傾向にあり、ヤチナラタケ (No. 6) は 2 菌株と少なく、標高 170 m 以下 (1 市) での採集に限られた。なお、分子系統解析に供試しなかったナラタケモドキの子実体は標高 20 ~590m の範囲で採集した。新規同定したナラタケ属 4 種はいずれも広葉樹の材上あるいは地上で採集した。加えて、ナラタケはアカマツ材上、クロゲナラタケはアカマツとスギ材上からも採集し、これらは針葉樹上に生息するナラタケ属菌について述べた長谷川ら (2013) の報告と同様であった。

ナラタケ属菌の子実体は鑑定依頼件数が多く (宮崎・

富川, 2014), これを利用した情報収集は本属菌の調査に有効である。鑑定依頼を受け付ける際には、子実体発生位置などの情報を詳細に聞き取り、必要に応じて現地調査も実施すべきと考える。これらの調査を通して、採集子実体数の少ないヤチナラタケ、採集記録から除外したキヒダナラタケ、また邦産種のうち本県では未同定の 6 種を調査し (Ota et al., 2011), 本属菌の分布を明らかにしたい。

本報で新規同定としたクリノシロコナカブリ、ニセムラサキアブラシメジ (No. 16) およびシロヤマドリタケ (No. 21) と、採集記録の扱いを考察したキヒダナラタケは、池田 (2013) によって仮称とされているため今後の分類学的な検討が待たれる。また、これまで本県で採集され、略名で記録している 44 種については、DNA 情報に基づく同定手法などを検討したい。

本県で採集され、種名を当てたきのこは本報告の第 1 報に掲載した 617 種 (富川・齋藤, 2009), 第 3 報へ掲載した種のうち新規に認めた 2 種 (宮崎・富川, 2012), 第 4 報で新規に掲載した 30 種 (宮崎・富川, 2013), 本報で新規に掲載した 28 種であり、これからキヒダナラタケを除外して、8 綱 23 目 91 科 269 属 676 種となった。また、未同定のため略名としている 44 種を合わせると、本県には少なくとも 720 種が自生していると考えられた。

V 謝辞

本調査を実施するにあたり、一部の子実体を同定して頂き、さらに各種の観察方法についてご助言を頂いた一般財団法人日本きのこセンター菌蕈研究所の長澤栄史氏にお礼を申し上げます。また、本調査ではきのこ観察会や高校生による調査の一環として採集された子実体も観察対象とし、子実体採集場所など同定に必要な情報を提供して頂いた。きのこ観察会を主催者された島根県教育委員会、特定非営利活動法人もりふれ倶楽部および峯寺遊山荘、並びに島根県立吉賀高等学校の教職員と生徒の皆さまに感謝の意を表す。

引用文献

Antonin, V., Tomšovský, M., Sedlák, P., Májek, T., Jankovský, L. (2009) Morphological and molecular characterization of the *Armillaria cepistipes* -

- A. gallica* complex in the Czech Republic and Slovakia. Mycological Progress 8 : 259-271.
- CABI Bioscience, CBS and Landcare Research. (downloaded on 2017. 2) Index Fungorum (CABI Bioscience database) <http://www.indexfungorum.org/>
- Hasegawa, E., Ota, Y., Hattori, T. and Kikuchi, T. (2010) Sequence-based identification of Japanese *Armillaria* species using the elongation factor-1 alpha gene. Mycologia 102 : 898-910.
- 長谷川絵里・太田祐子・服部力・佐橋憲生・菊池泰生(2013) 日本の針葉樹上に生息するナラタケ属菌. 森林防疫 62 : 4-12.
- 本郷次雄(1982) 日本新産種ミダレアミグチについて. 菌蕈研報 20 : 100-103.
- 本郷次雄(1994) 山溪フィールドブックス 10 きのこ. 山と溪谷社.
- 本郷次雄(2001) カラー版きのこ図鑑. 家の光協会.
- 池田良幸(2013) 新版北陸のきのこ図鑑. 橋本確文堂.
- 今関六也・本郷次雄(1987) 原色日本新菌類図鑑 (I). 保育社.
- 今関六也・本郷次雄(1989) 原色日本新菌類図鑑 (II). 保育社.
- 今関六也・大谷吉雄・本郷次雄(1988) 日本のきのこ. 山と溪谷社.
- 今関六也・大谷吉雄・本郷次雄(2011) 増補改訂新版日本のきのこ. 山と溪谷社.
- 勝本謙(2010) 日本産菌類集覧. 日本菌学会関東支部.
- 古賀美紗都・宮崎恵子・陶山大志・富川康之(2016) 島根県で採集されたきのこ (V) -ナラタケ属数種の分子系統解析-. 島根中山間セ研報 12 : 9-13.
- 前川二太郎(2004) 菌類. (改訂しまねレッドデータブック. 島根県環境生活部景観自然課, 報光社) : 373-377.
- Maphosa, L., Wingfield, B. D., Coetzee, M. P. A., Mwenje, E. and Wingfield, M. J. (2006) Phylogenetic relationships among *Armillaria* species inferred from partial elongation factor 1-alpha DNA sequence data. Australasian Plant Pathology 35 : 513-520.
- 宮崎恵子・富川康之(2012) 島根県で採集されたきのこ (III) -きのこ観察会での採集実態-. 島根中山間セ研報 8 : 105-112.
- 宮崎恵子・富川康之(2013) 島根県で採集されたきのこ (IV) -2009~2012年の調査記録-. 島根中山間セ研報 9 : 125-129.
- 宮崎恵子・富川康之(2014) 島根県中山間地域研究センターによるきのこ鑑定-2003~2012年の相談記録-. 島根中山間セ研報 10 : 87-92.
- Nagasawa, E. (2001) Taxonomic studies of Japanese boletes (1) The genera *Boletinellus*, *Gyrodon* and *Gyroporus*. Rep. Tottori Mycol. Inst. 39 : 1-27.
- 長沢栄史(2003) 日本の毒きのこ. 学習研究社.
- Ota, Y., Kim, M.-S., Neda, H., Klopfenstein, N. B. and Hasegawa, E. (2011) The phylogenetic position of an *Armillaria* species from Amami-Oshima, a subtropical island of Japan, based on elongation factor and ITS sequences. Mycoscience 52 : 53-58.
- 尾添茂(2003) 浜山(出雲市)で採集したキノコ. 島根病害虫研究会報 28 : 26-29.
- 城川四郎・青島清雄(1996) 猿の腰掛け類きのこ図鑑. 地球社.
- 富川康之・宮崎恵子(2012) 島根県で採集されたきのこ (II) -ルートセンサス法による調査結果(新分類体系に基づく集計) -. 島根中山間セ研報 8 : 99-104.
- 富川康之・齋藤恵子(2009) 島根県で採集されたきのこ (I) -コナラ林での調査および県内採集記録-. 島根中山間セ研報 5 : 123-148.
- 綿貫攻・小野義隆・丹田誠之助・野村幸彦・原田幸雄・長沢栄史・川合源四郎(2000) 1999年度日本菌学会菌類採集会採集菌類目録. 日菌報 41 : 49-57.
- 山本昌木・安盛博(1960) 匹見演習林産菌類雑録 (I). 島根農科大研報 8A : 178-185.

クロモジ挿し木の管理条件と根系生長

富川 康之・小林 義幸*・藤原 芳樹**・福島 勉***

Relationship between Cultivation Conditions and the Growth of Root Systems
on the Cutting Method of *Lindera umbellata*

TOMIKAWA Yasuyuki, KOBAYASHI Yoshiyuki*, FUJIHARA Yoshiki** and FUKUSHIMA Tsutomu***

要 旨

クロモジ挿し木の適切な管理条件を把握するため、挿し付け時期を4月、7月および10月、管理場所はハウスと庇蔭施設、用土にはバーミキュライトと鹿沼土、挿し穂の形状として頂芽の有無、発根処理の有無を比較した。発根率と根の形状から評価した結果、7月下旬に頂芽無しの挿し穂を調製し、ハウス管理するのが比較的好条件であった。4月下旬挿し付けと、7月下旬挿し付けのうちハウス管理では頂芽無しが頂芽有りよりも根系生長が大きかった。7月下旬挿し付けのうち庇蔭施設管理と、10月上旬挿し付けは根系生長が比較的小さかった。6月下旬に頂芽無しの挿し穂を調製した場合、挿し付けから70日目には発根を認めなかったが、100日目に最初の発根を認め、ハウス管理の発根率は22%であった。130日目には43%と発根率は約2倍となったが、160日目は44%と増加率は小さかった。挿し木管理した日数毎に主根の本数と長さ、ポット育苗後の根系重量をみると、いずれも発根率の推移と同様であった。これらの結果から、根系生長と作業性を考慮すると6月下旬~7月下旬、頂芽無しの挿し穂を調製し、ハウスで130日間管理した後にポット育苗を開始するのが好条件と考える。

キーワード：クロモジ、挿し木、発根率、発根時期、根系生長

I はじめに

クロモジ (*Lindera umbellata*) は国内の森林に広く分布する低木性落葉広葉樹で (小山, 1987), 本県では広葉樹林下層の木本類のうちで比較的個体数が多いとされている (片桐ら, 1988)。本県ではクロモジを茶葉として利用される地域が多く、また民間医薬品としては胃腸薬、傷薬、皮膚病への塗布薬など地域ごとに様々な用法が伝承されており (伊沢, 1980), 本種の自生を知る県民は多い。近年ではクロモジ特有の芳香を活かした地域特産品が注目され (萩原, 1998), 当センターへは本種の栽培や利用方法について相談が寄せられている。

当センターではクロモジ栽培を広域的に進めていくため、実生苗と挿し木苗の両方に注目して苗生産に関する

技術を検討している (富川, 2016)。本調査は挿し木の管理方法を明らかにするため、いくつかの条件下で根系生長を比較し、また発根時期を調査することで管理に要す期間を確認した。なお、本試験の一部は共同研究「機能性食品産業化プロジェクト」で、島根県産業技術センターなどと連携して実施した。また、試験の一部は島根県立農林大学校林業科 (元県立農業大学校森林管理科) で卒業論文のテーマとして実施された。

II 試験方法

1. 挿し木管理条件の比較

2004年と2005年の4月下旬、7月下旬および10月上旬、2013年の4月下旬と7月下旬、島根県飯石郡飯南町

*元島根県立農業大学校森林管理科, **島根県立農林大学校, 教授, ***元島根県中山間地域研究センター, 専門研究員

上来島のクロモジ調査林であら穂を採取した（富川，2016）。採取当日，枝の先端部から頂芽を付けた挿し穂と枝の途中から頂芽を付けない挿し穂を採り，それぞれ長さ8～10 cmに調製した。7月と10月に調製した挿し穂は上部に葉を4～5枚残し，下部は斜め切りにして1時間水あげした後，切り口に発根促進剤（オキシベロン粉剤，IBA 0.5%）の塗布と未塗布の2区を設けた。パーミキュライト，鹿沼土（細粒）をそれぞれプランターに入れて挿し床とし，それぞれをアクリルハウスと庇蔭施設（きこの栽培用の人工ほだ場）に置いた（富川，2015）。10月挿し付けはハウス管理のみとし，1調査年につき40試験区を設け，それぞれに挿し穂20本を挿し付けた。

ハウスでは挿し床の上部を寒冷紗で遮光し，夏季の日中は天窓を開けて室温上昇を抑制した。散水は自動ミスト装置により毎日8時，11時，14時および17時に各10

分間行った。庇蔭施設では挿し床の周囲を防風ネットで囲い，週に2～3回，9時と16時にシャワーノズルで手散水して，用土が乾燥しない程度に管理した。4月挿し付けと7月挿し付けは当年11月上旬に，10月挿し付けは翌年4月上旬に発根の有無と根の形状を観察した。

2. 挿し木管理期間の比較

2006年と2009年の6月下旬，上述した調査林であら穂を採取し，頂芽を付けない挿し穂を上述と同じ条件で調製した。発根剤は使用せず，用土には鹿沼土（細粒）を使用してアクリルハウスと庇蔭施設で挿し穂80本ずつを管理した。なお，散水などの管理方法は上述と同じ条件とした。挿し付け後70日，100日，130日および160日に各20本を掘り上げ，発根の有無と根の形状を観察し，主根の長さを測定した。

表1 管理条件別クロモジ挿し穂の根系生長

管理場所	用土	頂芽	発根処理	挿し付け時期		
				4月下旬	7月下旬	10月上旬
アクリルハウス (ミスト散水)	パーミキュライト	有	有	+	++	+
			無	+	++	+
		無	有	++	+++	+
			無	++	+++	+
	鹿沼土（細粒）	有	有	+	++	+
			無	+	++	+
		無	有	++	+++	+
			無	++	+++	+
庇蔭施設 (シャワー散水)	パーミキュライト	有	有	+	+	-
			無	+	+	-
		無	有	++	+	-
			無	++	+	-
	鹿沼土（細粒）	有	有	+	+	-
			無	+	+	-
		無	有	++	+	-
			無	++	+	-

+++：発根率25%以上，主根2本以上，側根を認める

++：発根率25%未満，主根2本未満，側根を認める

＋：発根率25%未満，主根2本未満，側根を認めない

3調査年の結果を集約して判定

-：未実施

2006年のみ、挿し木管理を70～130日間実施した試験区のうち、発根を認めた挿し穂をビニールポット（まさ土：鹿沼土：バーク堆肥＝4：1：1）へ鉢上げして庇蔭施設で管理した。なお、散水などの管理方法は挿し木試験区と同じ条件とした。12月上旬、挿し木管理160日目の挿し穂と一緒に根の形状を観察し、根の乾燥重量（80℃、48時間）を測定した。

Ⅲ 試験結果

1. 管理条件と根系生長

発根した挿し穂の本数割合を発根率とし、併せて主根の本数と側根の生長を観察して、以下の基準で根系生長を評価した。+++：発根率25%以上、挿し穂1本当たりの主根が2本以上、側根を認める。++：発根率25%未満、挿し穂1本当たりの主根が2本未満、側根を認める。+：発根率25%未満、挿し穂1本当たりの主根が2本未満、側根を認めない（写真1）。

3調査年の結果を集約し、各試験区の判定を表1に示した。管理条件のうちで根系生長が最も大きく、判定を「+++」としたのは7月挿し付け、ハウス管理、頂芽無しとの4試験区で、用土の種類や発根処理の有無に関わらず発根率は25～45%と比較的高く、主根の長さは10～15cmであった。判定を「++」としたのは4月挿し付けの頂芽無しと、7月挿し付け、ハウス管理、頂芽有りの12試験区で、主根の長さは5～10cmであった。判定を「+」としたのは4月挿し付けの頂芽有り、7月挿し付けの庇蔭施設管理、10月挿し付けのハウス管理の計24試験区で、主根の長さは2cm程度であった。

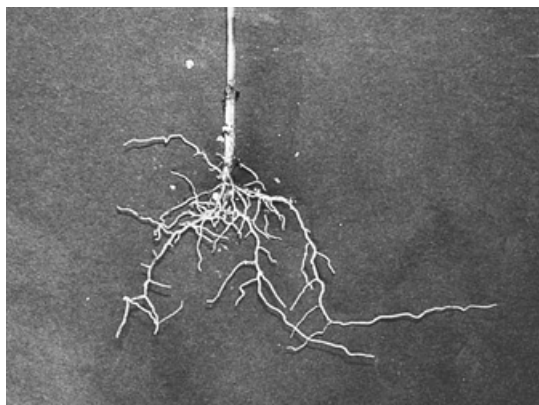


写真1 主根3本、長さ約10cm、側根が生長した根系
（判定：+++）

試験区間の根系生長を比較すると、4月挿し付けは管理場所、用土の種類および発根処理の有無による差は認めなかったが、頂芽無しの試験区が頂芽有りよりも生長量が大きかった。7月挿し付けは庇蔭施設の生長量が比較的小さく、いずれの試験区ともハウス管理の生長量が大きかった。ハウス管理の中では用土の種類と発根処理の有無による差はなく、頂芽無しの試験区が頂芽有りの試験区よりも生長量が大きかった。10月挿し付けはいずれの試験区とも生長量が小さかった。

2. 発根時期と根系生長の推移

1) 発根率

発根した挿し穂の本数割合を発根率とし、調査区毎に2調査年の平均を図1に示した。70日目は2試験区とも発根が認められず、最初の発根は2試験区とも100日目に認めた。ハウス管理の100日目は22%、130日目には43%と約2倍に増加したが、160日目は44%と増加率が小さく、130日目の発根率と同程度であった。庇蔭施設は100日目が5%、130日目と160日目はいずれも10%程度であった。ハウス管理に比べて発根率は低かったが、管理期間の長さに伴う発根率の推移はハウス管理の傾向に類似した。

2) 主根本数

発根した挿し穂1本当たりの主根本数を算出し、試験区毎に2調査年の平均を図2に示した。ハウス管理100日目は1.6本/穂、130日目には2.5本/穂と約1.6倍に増加したが、160日目は2.6本/穂と増加率が小さかった。

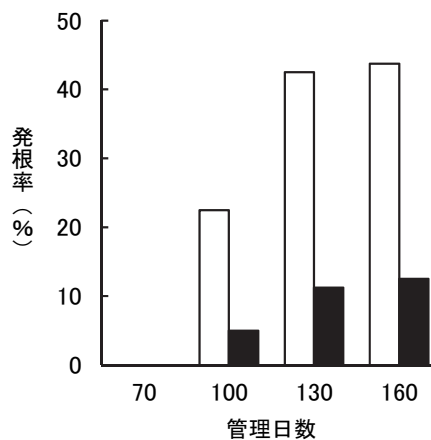


図1 挿し木管理日数別の発根率
□：ハウス、■：庇蔭施設

庇蔭施設は100日目が0.9本/穂、130日目は1.9本/穂と約2.1倍に増加したが、160日目には1.6本/穂と減少した。ハウス管理に比べて主根本数は少なかったが、100日目の本数に対して130日目の増加量が大きく、130日目と160日目の差が小さい傾向はハウス管理での推移と同様であった。

3) 主根の長さ

挿し穂毎に主根の長さを平均し、試験区毎に2調査年の平均を図3に示した。ハウス管理の100日目は5cm、130日目には11cmと約2.2倍に増加したが、160日目は13cmと増加率は1.2倍であった。庇蔭施設では100日目に3cm、130日目と160日目はいずれも5cm程度に増加し、160日目は130日目よりも若干減少した。ハウス管理に比べて主根長は短かったが、130日目と160日目の差が小さい傾向はハウス管理での推移と同様であった。

4) ポット育苗後の根系重量

2006年の調査で発根を認めた挿し穂数はハウス管理の100日目、130日目および160日目がそれぞれ6本(発根率30%)、11本(55%)および8本(40%)であった。同じく庇蔭施設での管理はそれぞれ1本(5%)、2本(10%)および1本(5%)であった。

試験区毎に根の乾燥重量を平均して図4に示した。ハウスでの挿し木管理が100日の場合はポット育苗後の重量は11mg/苗、130日管理では25mg/苗と約2.3倍に増加したが、160日管理では31mg/苗と増加率は約1.2倍であった。庇蔭施設では挿し木管理が100日と160日の場合、ポット育苗後の乾燥重量が1mg未満であったため

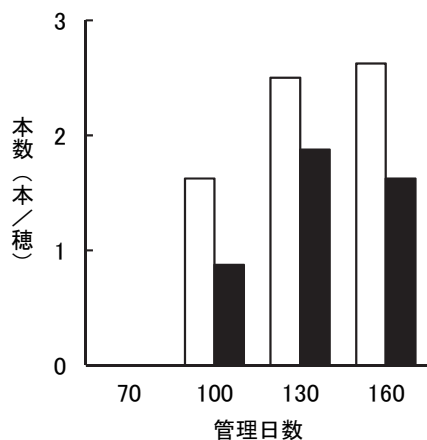


図2 挿し木管理日数別の主根本数
□ : ハウス, ■ : 庇蔭施設

測定しなかった。130日管理は5mg/苗で、ハウスで挿し木管理した場合とは大きな差を認めた。

IV 考察

クロモジの挿し木管理について基本的な管理条件を把握するため、挿し付け作業とその後の管理方法について検討した。その結果、7月下旬に頂芽を付けない挿し穂を調製し、ハウス内で管理するのが比較的好条件であった。また、管理日数を変えて根系生長を調査した試験では6月下旬に挿し付けたが、これをハウス管理した場合は本調査で設けた基準のうちで最も良い「+++」と判定できる。これらの結果から、挿し付け時期は6月下旬~7月下旬が適すと考えられる。

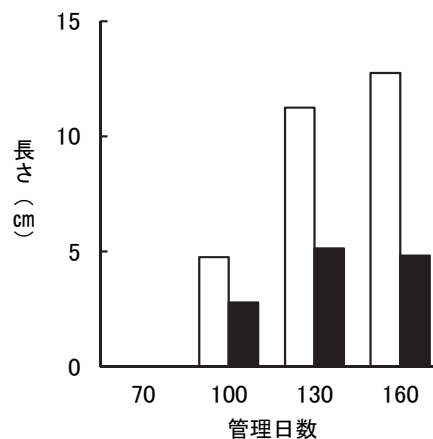


図3 挿し木管理日数別の主根長
□ : ハウス, ■ : 庇蔭施設

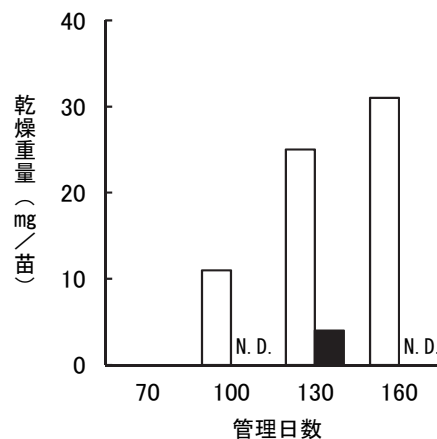


図4 挿し木管理日数別の育苗後の根系重量
□ : ハウス, ■ : 庇蔭施設

N. D. 1mg未満のため測定値なし

Note. 160日目は挿し穂の根重量

挿し穂の調製方法として、頂芽の有無は根系生長に明らかな影響を及ぼした。頂芽付きの挿し穂を使用する天挿しと、頂芽を付けない管挿しの発根率を比較された試験はいくつかあり、クロマツ (*Pinus thunbergii*) は管挿しの発根率が高く (山田ら, 2007), アカメガシワ (*Mallotus japonicus*) は管理条件によっては天挿しの発根率が高くなることもあり (富川ら, 2014), *Telopea speciosissima* では有意差が認められないと報告されている (Reynoso *et al.*, 2001)。山田ら (2007) は管挿しの効果について、また佐々木ら (2004) はクロマツの冬芽切除による発根促進効果について、冬芽の伸長による養分消費や蒸散が抑えられるためと考察しているが、本試験結果もこれらと同じ理由が考えられる。さらに、クロモジにおいて天挿しが不利な条件として、枝先が細いため頂芽を付けた挿し穂の直径は3mm程度で、また樹皮が平滑であるため挿し床で安定せず、挿し穂の揺れや回転のため根系生長が阻害された可能性が考えられる。6月下旬と7月下旬の挿し付けは庇蔭施設での管理が不適であったが、庇蔭施設ではシャワーノズルで散水したことによりハウスでのミスト散水よりも振動が大きかったことが容易に推察されるため、次の試験では庇蔭施設でのミスト散水を試みたい。

6月下旬の挿し付けでは、発根は70日目(9月上旬)以降であり、この時期は挿し穂の震動や揺れを抑えた方が良く、散水方法や防風に注意を払う必要がある。100日目(10月上旬)~130日目(11月上旬)の30日間は根系生長が大きかったが、160日(12月上旬)までの30日間は生長率が低下した。さらに、庇蔭施設で管理160日目に主根本数と主根長の値が減少したことについては根腐れが生じたと推察され、挿し床の水分管理が重要と考えられた。挿し木管理のうち用土の水分調節は比較的難しく、作業負担も大きいことから、できるだけ短期間の管理にした方が良いと考える。そのため、根系生長と作業性の両方を考慮すると、6月下旬に挿し付けた場合は11月上旬までを挿し木管理期間とし、その後は挿し床から移植して育苗するのが効果的と考える。

管理条件を比較した試験で最も良い判定とした試験区は発根率25~45%、また管理日数を比較した試験では2006年の調査で130日目に観察した55%が最高値であった。しかし、これらは苗生産するには低率であり、より

効果的な管理条件を明らかにすべきと考える。本試験で比較した調査項目以外に、あら穂の選定方法や発根促進処理の方法など作業条件とそれらの組み合わせは多岐に及ぶため(関西林試協育苗部会, 1980)、今後の試験で適正な挿し木管理方法を検討する必要がある。

V 謝辞

本試験の一部は、島根県立農林大学校林業科(旧県立農業大学校森林管理科)の協力により実施した。共著者の他に、試験当時の園山忠実教授、周藤成次教授、物部英樹企画幹(現島根県東部農林振興センター雲南事務所)、大國敏彦教授(現大田市役所産業振興部、派遣)、大國隆二企画幹(現島根県東部農林振興センター出雲事務所)ならびに調査を担当された学生に厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- Genaro A. Reynoso, Atsushi Hasegawa, Yoichi Masuda and Masanori Goi (2001) Propagation of *Telopea speciosissima* from softwood cuttings. Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ 53 : 67-69.
- 萩原進 (1998) クロモジ. (地域生物資源活用大事典. 藤巻宏編, 農山漁村文化協会) : 133-135.
- 伊沢凡人 (1980) 原色版日本薬用植物事典. 誠文堂新光社 : 89-90.
- 片桐成夫・金子信博・三宅登 (1988) 三瓶演習林内の落葉広葉樹林の下層植生の養分含有率について. 島根大農研報 22 : 43-50.
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会 (1980) 樹木のふやし方・タネ・ホトリから苗木まで一. 農林出版株式会社.
- 小山博滋 (1987) クロモジ群の分類と分布. 植物分類・地理 38 : 161-175.
- 佐々木峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武 (2004) クロマツのさし木発根性に及ぼす摘葉・摘芽の影響. 日誌林 86(1) : 37-40.
- 富川康之・田畑光正・宮崎恵子・福島勉 (2014) アカメガシワ挿し木苗の育成条件. 島根中山間セ研報 10 : 63-68.
- 富川康之 (2015) 人工ほだ場でのシイタケ原木栽培において遮光資材「ダイオフララ」が栽培条件に及ぼす影

響. 島根中山間セ研報 11 : 1-7.
富川康之 (2016) クロモジの生長と結実の関係. 島根中山間セ研報 12 : 15-20.

山田康裕・真崎修一・宮崎潤二・佐々木義則 (2007) 抵抗性クロマツの挿し木増殖における管挿しと低温貯蔵の検討. 九州森林研究 60 : 125-127.

島根県の海岸砂丘地におけるクロマツ植栽木の成長状況

三島 貴志*・陶山 大志

Growth Situation of Planted Japanese Black Pine Trees in Shimane Prefectural Coastal Duneland

MISHIMA Takashi* and SUYAMA Hiroshi

要 旨

島根県の海岸砂丘地に造成されたクロマツ 30 林分において、クロマツ (*Pinus thunbergii*) の成長状況を調査した。林齢の増加とともに樹高が高くなる傾向を認め、両者の回帰直線の決定係数も高かった。12 年生の 2 林分では立木密度が 6,300 本/ha, 11,000 本/ha と高く、形状比も 121 と比較的高かった。このことから、2 齢級までの段階で少なくとも 1 回の本数調整伐が必要と考えられた。また、20 年生の 1 林分では立木密度が 10,300 本/ha, 形状比が 142 と著しく高く、これまで本数調整伐は未実施であると考えられた。40 年生の 4 林分では立木密度が 1,000~1,500 本/ha, 形状比は 57~70 であり、望ましい林況と判断された。

キーワード：クロマツ, 海岸林, 立木密度, 形状比, 本数調整伐

I はじめに

島根県では海岸クロマツ林が日本海沿岸の広い範囲に造成されており、潮風害や飛砂被害から家屋、農地などを守るために重要な役割を担っている。これらクロマツ林では植栽後、適切な密度管理の下で育成することによって防災林として高い機能を発揮させることができる。このため、育成初期から本数密度を調整することが必要であるが、適切な施業を実施するための密度管理指針は示されていない。そこで、管理指針の作成に必要な基礎データを収集するため、海岸砂丘地の既存クロマツ林においてクロマツの成長状況を調査した。

II 調査方法

2014 年 12 月~2015 年 4 月、島根県内の海岸砂丘地に成立しているクロマツ 30 林分を調査林として選定した。対象クロマツ林はいずれも前砂丘より内陸側に造成されていた。各調査林の林齢は、治山事業の記録台帳から推定した。このうち 3 林分（後述表 1 の No. 18, 19, 20）

は地域住民による植栽であり、植栽密度は 3,000 本/ha であったが、これ以外の林分は治山事業における海岸クロマツの管理基準に従って 10,000 本/ha が植栽された。本数調整伐の施業歴については、大半の林分で記録が残されていなかった。

現地調査については、各調査林に 10×10m の方形プロットを設定して、プロット内のクロマツ本数、樹高、胸高直径および枝下高を計測し、立木密度、形状比および樹冠長率を算出した。なお、形状比と樹冠長率は個体毎の値から各林分の平均を算出した。

III 結果と考察

表 1 に調査林の概況を示す。また、図 1 に林齢と樹高、胸高直径、立木密度、形状比および樹冠長率との関係を示し、併せて立木密度と形状比の関係を示す。林齢は 6~40 年生で、20 年生以下が 24 林分、29 年生が 2 林分、40 年生が 4 林分であった。樹高は 20 年生未満の林分では 2.5~7.2m, 20~40 年生の林分では 6.5~10.3m であ

*島根県東部農林振興センター雲南事務所（元島根県中山間地域研究センター，専門研究員）

った。林齢の増加とともに樹高と胸高直径の値は大きくなる傾向を認めた(図1(a),(b))。特に、林齢と樹高の関係については、回帰直線の決定係数が0.85と高かった。立木密度は1,000~11,200本/haで、マツ材線虫病や自然枯死によって概ね林齢の増加とともに低下し(図

1(c)), 40年生の4林分(No.1,2,3,4)は1,000~1,500本/haであった。また、林齢の増加とともに形状比、樹冠長率の値も低下する傾向がみられ(図1(d),(e)), また立木密度が高くなるにしがって、形状比が高くなる傾向がみられた(図1(f))。

表1 クロマツ調査林分の概況

調査林分 (No.)	場所	林齢*	立木密度 (本/ha)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	形状比	樹冠長率 (%)
1	出雲市西園町①	40	1,100	9.1	16.3	57.3	43.8
2	出雲市 〃 ②	40	1,500	9.6	16.5	60.7	47.9
3	出雲市 〃 ③	40	1,100	10.3	15.4	69.5	38.9
4	出雲市 〃 ④	40	1,000	9.0	13.9	66.2	49.1
5	江津市黒松町①	9	7,700	4.7	5.7	86.8	64.0
6	江津市 〃 ②	10	4,500	4.5	6.3	75.7	65.4
7	江津市 〃 ③	9	7,300	4.3	5.0	91.2	69.8
8	江津市都野津町①	18	1,700	6.5	10.5	65.5	72.3
9	江津市 〃 ②	18	1,200	7.0	11.0	68.8	70.8
10	江津市 〃 ③	7	8,725	3.4	4.3	82.5	91.4
11	江津市 〃 ④	7	9,804	3.6	4.4	90.4	92.8
12	江津市 〃 ⑤	6	9,600	2.5	3.1	83.5	90.8
13	江津市 〃 ⑥	6	11,200	2.6	2.9	94.7	87.9
14	江津市敬川町①	18	3,100	7.2	7.2	110.9	43.0
15	江津市 〃 ②	18(10)**	3,800	5.5	6.1	97.7	53.8
16	浜田市久代町①	12	6,300	4.5	4.2	120.5	44.8
17	浜田市 〃 ②	12	11,000	3.9	3.7	121.3	47.9
18	益田市中須町①	10	2,500	5.0	8.0	63.2	66.7
19	益田市 〃 ②	14	2,800	6.4	10.0	70.3	63.9
20	益田市 〃 ③	12	3,000	5.9	8.0	75.8	64.1
21	益田市 〃 ④	12	3,600	5.3	7.8	70.1	68.5
22	益田市中島町①	10	3,400	3.7	5.0	81.8	76.0
23	益田市 〃 ②	10	6,000	3.6	5.0	84.3	73.8
24	益田市高津町①	14	2,300	4.2	7.2	69.8	86.8
25	益田市 〃 ②	7	6,900	2.3	2.6	93.2	87.0
26	益田市 〃 ③	29	2,000	9.6	13.8	73.8	46.6
27	益田市 〃 ④	29	2,700	9.4	13.7	72.4	48.9
28	益田市 〃 ⑤	7	6,700	2.5	2.6	101.1	80.5
29	益田市戸田町①	20	10,300	6.5	5.0	142.3	40.5
30	益田市 〃 ②	20	4,000	7.8	6.4	131.8	38.8

* 林齢は治山事業資料から推定

** クロマツ二段林となっており上層木のみが調査対象、()内は下層木の林齢

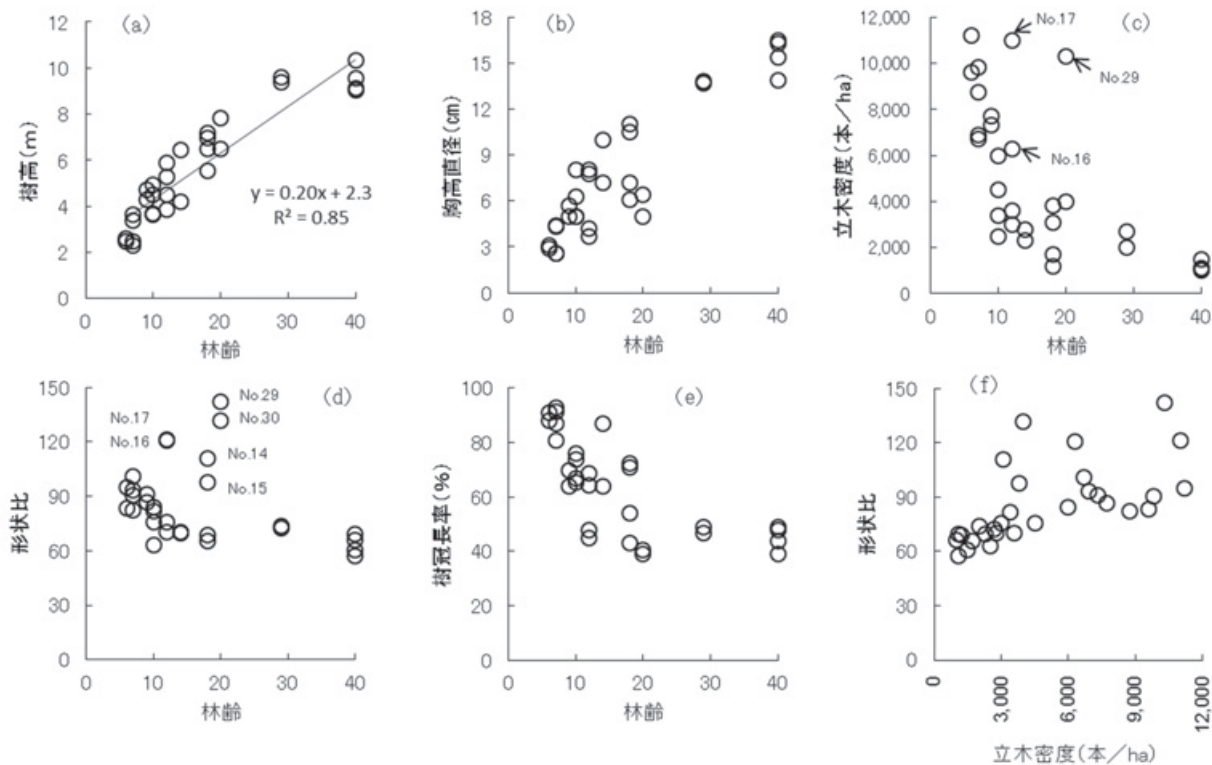


図1 林齢と樹高、胸高直径、立木密度、形状比、樹冠長率の関係、併せて立木密度と形状比の関係

12年生の2林分(No.16, 17)では立木密度がそれぞれ6,300本/ha, 11,000本/haと高密度で(図1(c)),形状比も121と比較的高かった(図1(d))。これらの林分は強風や積雪によって倒伏しやすく、また樹冠長率は今後低下すると推察され、速やかに本数調整伐の実施が必要と考えられる。この調査結果から、2齢級までの段階において少なくとも1回の本数調整伐が必要と考えられた。また、20年生の1林分(No.29)では立木密度が10,300本/haと高密度で(図1(c)),形状比も142と著しく高かった(図1(d))。枯死個体は認められず、本数調整伐は未実施の林分と考えられた。この林分は樹冠長率が41%と低く(表1),本数調整伐が遅れたことによって防災機能を発揮する海岸クロマツ林へは誘導し難いと考えられる。

10年生以上の林分で形状比が100を超えたのは6林分であった。このうち3林分は前述の高密度林分(No.16, 17, 29)で、それ以外の3林分(No.14, 28, 30)は立木密度が3,100~6,700本/haであり(表1),マツ材線虫病や自然枯死によって本数が減少して間もない林分と考えられた。また、これら6林分は本数調整伐が未実施であると考えられた。

40年生の4林分は立木密度が1,000~1,500本/haで、

形状比は57~70であった。海岸マツ林の望ましい形状比として、冠雪害を回避するには目標値を70にすべきとの報告がある(金子ら,2000)。これら4林分はこの条件を満たしていることから、形状比については概ね適正な状態であると考えられる。これに対し、形状比が70を超えたのは22林分に及び、6~29年生、立木密度は2,000~11,200本/haであった。これらは林分毎に適切な密度管理が必要と考えられる。

海岸クロマツ林の密度管理においては、平均樹高を基準にして立木密度を設定することが適当とされている(新潟県,2009;森林総合研究所,2011)。また、平均枝下高を低くして防風林としての機能を高める必要があるが、新潟県(2009)では常に平均枝下高を樹高の1/2以下に抑えることが好ましいと述べられている。具体的には平均樹高5mでは5,000本/ha,8mでは2,500本/ha,14mでは1,250本/haに管理することで平均枝下高を1/2以下にすることが可能であると示している。また、森林総合研究所(2011)によれば、林冠高3.5mでは5,000本/ha,7mでは1,825本/ha,10mでは1,055本/haに管理することが推奨されている。

本数調整伐については、伐採本数率を高くするほど冠

雪害や風倒木被害を受けやすくなるため注意が必要である。森林総合研究所（2011）によれば、列状間伐による1伐3残あるいは1伐2残が適当とされ、すなわち伐採本数率は25%あるいは33%が目安とされている。

クロマツ海岸林を維持・管理する上では、当然ながらマツ材線虫病の被害について考慮する必要がある。本県では本病に対する抵抗性を有するマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ・アカマツが選抜されてきており（西ら，1997；山中，2010），現在，海岸林では本抵抗性クロマツが植栽されている。

抵抗性マツの実際の植栽地におけるマツ材線虫病に対する抵抗性について調査した例は乏しいが、杉本ら（2017）は抵抗性クロマツを植栽された山口県の海岸林（10年生）において、マツ材線虫病の被害木を駆除することによって被害拡大を抑える効果を報告している。これによると、駆除した場合はその後の残存木率が50%であったが、駆除しなかった場合は10%と著しく減少した。したがって、松くい虫抵抗性品種を植栽した場合でも、被害木の駆除は施業項目として必須である。林齢が高くなればマツ材線虫病が発病しやすくなるため、防災林としての機能とマツ材線虫病の被害防除の両面を考慮して、密度管理を実施することが望ましいと考える。

本報告では既存の海岸砂丘地のクロマツ林の成長状況を把握して、各林分の立木密度についてなどを検討し、今後の管理内容を考察した。これらの結果を参考にして、密度管理指針を作成するなど、海岸クロマツ林の育成に

努めたいと考えている。

謝辞

本研究を実施するに当たり、出雲県土整備事務所、浜田県土整備事務所および益田県土整備事務所の担当職員には調査林の選定など多大なご協力を頂いた。ここに深謝の意を表する。

引用文献

金子智紀・石田秀雄・金澤正和（2000）秋田県沿岸南部におけるクロマツの冠雪害について．東北森林科学会誌 5：97-100.

新潟県（2009）治山事業における保安林整備技術指針．新潟県．pp.168.

西信介・福島勉・周藤靖雄・金森弘樹・朝原一郎・井ノ上二郎・福井修二・加茂久雄（1997）島根県におけるマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業．島根林技セ研報 48：33-40.

森林総合研究所（2011）クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方ー本数調整と侵入広葉樹の活用ー．pp.55.

杉本博之・大池航史・磯田圭哉（2016）防除の有無が抵抗性クロマツ植栽地に与える影響．第55回治山研究発表会要旨集．

山中啓介（2010）島根県における抵抗性マツの取り組みーマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業（特集 松枯れの考察と保全活動）．グリーンエージ37（6）：13-16.

耕作放棄地再生と WCS 生産における 農業用小型機械を使用した作業体系の実証

坂本 真実・帯刀 一美・西 政敏*

Demonstration with the Work System Using Small Machine for Agriculture
to the Utilization of Abandoned Cultivated Land and Production of Whole Crop Silage

SAKAMOTO Mami, TATEWAKI Kazumi and NISHI Masatoshi*

要 旨

耕作放棄された水田を復田や畑地化するため、また WCS を生産するため農業用小型機械の使用に視点をおいた作業体系を検証した。2カ所の調査区で復田に要した時間は16時間/10a, 19時間/10aと差を認め、これは刈り払い機とハンマーナイフモアの除草効率の違い、さらに集草と搬出の有無が要因と考える。畑地化した2カ所の調査区は16時間/10a, 2.5時間/10aと作業時間に大きな差を認め、放牧による除草効果が顕著にみられた。稲 WCS (たちすずか) の生産については、稲わらの長さを15cmに揃えることで小型機械であっても不調は生じないことを確認した。3通りの作業体系を比較すると、稲 WCS の生産量は刈り取りに歩行型モア、梱包に乗用ロールベアラを使用した調査区が1,827kg/10aと最も多く、生産経費は刈り取りにコンバイン、梱包に乗用ロールベアラを使用した調査区が14,844円/10aと最も低単価であった。牧草(ヘイスーダン)の WCS を生産した調査区では、細断長が1m程度と長くなる場合、梱包作業時に機械の作動不良を認めた。飼料稲、牧草ともサイレージの品質は良好であることを確認した。しかし、各調査区とも収穫残渣が多いことが課題であり、刈り取り、集草および梱包作業の改善が必要である。

キーワード：耕作放棄地、復田、畑地化、農業用小型機械、WCS 生産

I はじめに

耕作放棄地を解消することは中山間地域に共通の課題であり、その対策として飼料作物の生産や放牧地への利用が進められている。一方、近年では飼料価格が高騰しており、自給飼料の生産拡大が必要と考えられている(吉田, 2012; 島根県, 2017)。本県では、飼料米やホールクロップサイレージ(以下、WCS と略記)の生産が増加傾向にあり、農地利用の拡大が期待される。しかし、本県の耕作地は大半が小面積であるため WCS 生産専用の大型機械では作業能力的に過剰となり、また経営規模の小さい畜産農家が多いことから1梱包が300kg以上の WCS は

扱い難いことが課題となっている。

そのため当センターでは、数種類の農業用小型機械を組み合わせた作業体系によって耕作放棄地を復田または畑地化する方法と、WCS 生産の方法を検討している。本報告は小型機械による作業と、一部の作業に人力や放牧を取り入れた数通りの作業体系を分析し、これを耕作放棄地の再生モデルとして実用性や課題を抽出した。

II 調査方法

1. 復田と畑地化の作業性

2009年、雲南市木次町で不作付け地として7年が経過

*島根県西部農林振興センター(元島根県中山間地域研究センター, 専門研究員)

した水田を調査区ⅠA(5a),同じく12年が経過した水田を調査区ⅠB(15a)とした。調査区ⅠAでは飼料稲生産を想定して刈り払い機で除草,人力で集草と搬出した。調査区ⅠBでは牧草生産を想定して乗用ロータリーモア(ゼノア ZHM1520, 26.5ps)で除草,人力で集草と搬出した。

2014年,大田市水上町で不作付け地として15年以上が経過し,近年は放牧によって除草管理されている水田(16a)を2区に分け,それぞれ調査区ⅡA(4a),調査区ⅡB(12a)とした。調査区ⅡAでは飼料稲生産を想定して,歩行型ハンマーナイフモア(オーレック HR661A, 8ps)で除草し,細断した雑草は土壌へすき込んだ。調査区ⅡBでは牧草生産を想定して,5月下旬から15日間,繁殖黒毛和牛種6頭の放牧によって除草した。

復田を想定した調査区ⅠAとⅡAでは代掻き(トラクター, 20ps)や畦畔補修など,畑地化を想定した調査区ⅠBとⅡBでは耕起(トラクター, 30ps)など必要なほ場管理を実施して,除草から作付け可能となるまでに要した作業時間を計測した(表1)。

2. 飼料稲と牧草の WCS 生産

2014年4月下旬,飼料稲品種として‘たちすずか’を播種し,飯石郡飯南町で育苗した後,5月下旬に上述した大田市水上町の調査区ⅡAへ移植した。無施肥で管理し,6月中旬にヒエ用除草剤を全面散布した。10月中旬(糊熟期~黄熟期),コンバイン(ヤンマーCA125, 2条刈, 12ps)で刈り取り,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包,ラップマシーン(タカキタ WM-510M, 2.2ps)で密封した。なお,コンバインのカッターを改良して稲わらの細断長が15cmとなるように設定した。

調査区ⅡBではスーダングラス品種として‘ヘイスーダン’を供試して,7月上旬に直播種した(4kg/10a)。元肥は施用しなかったが,7月中旬に尿素16kg/10a(窒素量4kg/10a)を追肥した。9月中旬,刈り払い機と歩行型ロータリーモア(オーレック BX80, 8ps)で刈り取り,歩行型テッダ(オーレック BX80, 8ps)で集草,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包,ラップマシーン(タカキタ WM-510M, 2.2ps)で密封した。なお,WCS原料の長さは50~100cmとした。

刈り取りからラップにおける機械の稼働状況や収穫残

渣などを観察して作業性を評価し,WCS収量を調査した。

3. 稲 WCS 生産における作業体系

2015年,大田市温泉津町で前年まで作付けされていた隣接する水田3区画を調査区ⅢA(7a),調査区ⅢB(3a),調査区ⅢC(9a)とした。4月中旬,飼料稲品種として‘たちすずか’を播種し,飯石郡飯南町で育苗した後,5月中旬に各調査区へ移植した。いずれの調査区とも元肥に牛糞堆肥2t/10a,追肥に化成肥料(窒素量,カリ量,各2kg/10a)を施用した。また,除草剤を移植前に1回,移植後に2回,主にヒエ対策を目的に全面散布した。

10月中旬(糊熟期~黄熟期),調査区ⅢAではコンバイン(ヤンマーCA125, 2条刈, 12ps)で刈り取り,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包した。調査区ⅢBでは歩行型ハンマーナイフモア(オーレック HR661A, 8ps)で刈り取り,歩行型ロールベアラ(タカキタ SE-551, 5ps)で梱包した。調査区ⅢCでは歩行型ハンマーナイフモア(オーレック HR661A, 8ps)で刈り取り,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包した。また,3調査区とも密封にはラップマシーン(タカキタ WM-510M, 2.2ps)を使用した。

刈り取りからラップに要した作業時間を計測し,坪刈り収量,WCS収量を調査し,生産経費を算出した。

4. サイレージの発酵品質

2014年に調査区ⅡAで生産した‘たちすずか’と調査区ⅡBで生産した‘ヘイスーダン’のWCSについて,貯蔵90日目にpH(電極法)を測定し,全窒素(ケルダール法)と揮発性塩基態窒素(水蒸気蒸留法)を定量した。2015年の調査区ⅢAとⅢCで生産した‘たちすずか’のWCSについては,上述の項目に加えて貯蔵90日目の乳酸,酢酸,酪酸およびプロピオン酸(高速液体クロマトグラフィ)を定量した。なお,有機酸4種類の定量は島根県産業技術センター浜田技術センターに依頼した。

Ⅲ 結果と考察

1. 復田と畑地化の作業性

調査区の概要と作業時間を表1に示した。面積当たりの作業時間を算出すると調査区ⅠAの復田には19時間/10aを要したが,再生内容が同じ調査区ⅡAは16時間

/10aと作業時間が短かった。歩行型ハンマーナイフモア(8ps)による除草は刈り払い機よりも作業効率が高かったこと、人力で集草と搬出した調査区ⅠAに対して調査区ⅡAではこれらの作業を省略したことで時間短縮できたと考える。また、調査区ⅡAでは畦畔板を設置したことにより、畦畔の補修作業が省略できたことも時間短縮の要因と考えられる。

畑地化した調査区ⅠBは面積当たりの作業時間が16時間/10aであったが、再生内容が同じ調査区ⅡBは2.5時間/10aと大きな差を認め、作業効率は6倍以上であった。調査区ⅡBで実施した放牧は除草効果が高く、そのため作業効率を著しく向上させたと考える。また、再生内容は異なるが耕作放棄地の現状が同じ調査区ⅡAと比べても、放牧の除草効果は大きいといえる。

2. 飼料稲と牧草のWCS生産

1) 収穫調製の作業性

作業内容を目視観察した結果、調査区ⅡAでは機械の稼働不良など、作業効率に影響を及ぼすような事例は認めなかった。‘たちすずか’は他の水稻品種よりも比較的草丈が高く、また茎葉が太いため、コンバインの刈り取り部位や搬送部位、稲わらの排出部位での詰まりが生じないかを注視したが、排出部位で若干の詰まりを認めたものの作業を中断するほどの障害にはならなかった。

調査区ⅡBでは‘ヘイスーダン’の刈り残しが多く、

ウインドローの形成不良を認めた。また、ロールベアラに詰まりが生じて、作業が中断する事例を認めた。収穫残渣が多かったのは‘ヘイスーダン’の倒伏が大きな原因と考えられた。また、スーダングラスのように茎径の太い草種では、細断長が1m程度の場合に小型テッダによる集草や、小型ロールベアラの稼働に不調をきたすと考えられた。一方、調査区ⅡBでは雑草量(主にヒエ)が多く、‘ヘイスーダン’の生育と競合した可能性が考えられ、耕作放棄地再生に共通する条件として、除草を徹底することは重要と考える。

2) 収量

収量調査の結果を表2に示した。調査区ⅡAは面積当たりのWCS作製数が75梱包/10a、1梱包当たりの重量は26.5kg/梱包であった。梱包数とWCS個重から算出した面積当たりの実収量は1,988kg/10aであった。後述する刈り取りと梱包に同じ機械を使用した調査区ⅢAで求めた推定収量の4,121kg/10aを参考にすると、本調査区の収穫率は48%であった。

調査区ⅡBは面積当たりのWCS作製数が81梱包/10a、1梱包当たりの重量は19.9kg/梱包であった。梱包数とWCS個重から算出した面積当たりの実収量は1,612kg/10aであった。島根県が示している‘ヘイスーダン’の目標収量は6,000kg/10a以上であり(島根県, 2014)、この値に対する本調査区の収穫率は27%であった。

表1 復田と畑地化の内容と作業時間

調査区	場所	面積(a)	放棄年数	再生内容	除草	時間 ¹⁾ (hr/10a)
ⅠA	雲南市	5	7	復田	刈り払い機	19
ⅡA	大田市	4	15	〃	歩行型モア	16
ⅠB	雲南市	15	12	畑地化	乗用モア	16
ⅡB	大田市	12	15	〃	放牧	2.5

¹⁾ 除草から作付け可能としたまでの面積当たり総作業時間

表2 飼料稲と牧草のWCS収量

調査区	草種(品種)	含水率 ¹⁾ (%)	WCS数(梱包/10a)	WCS個重(kg/梱包)	実収量 ²⁾ (kg/10a)
ⅡA	たちすずか	69.8	75	26.5	1,988
ⅡB	ヘイスーダン	60.2	81	19.9	1,612

¹⁾ 刈り取り時の値, ²⁾ WCS数と個重から算出

2 調査区の収穫率はいずれも低率と判断し、小型機械による作業体系において改善すべき点は刈り残しを少なくすること、集草作業を徹底すること、ロールベアーによる回収率を高くすることなどが考えられた。それに加えて基本的な管理内容である雑草対策、倒伏防止も重要と考える。また、本調査では初の回収を徹底しなかったが、今後はこの回収率を調査項目とし、収穫残渣を少なくする作業条件の検討が必要である。

3. 稲 WCS 生産における作業体系

1) 収穫調製の作業性

作業体系別に面積当たりの作業時間を図1に示した。調査区ⅢAが4.6時間/10aと最も短く、次いで調査区ⅢCの5.5時間/10a、最長は調査区ⅢBの7.0時間/10aであった。作業要素別にみると、刈り取りはコンバインが1.5時間/10aであったのに対し、歩行型ハンマーナイフモア

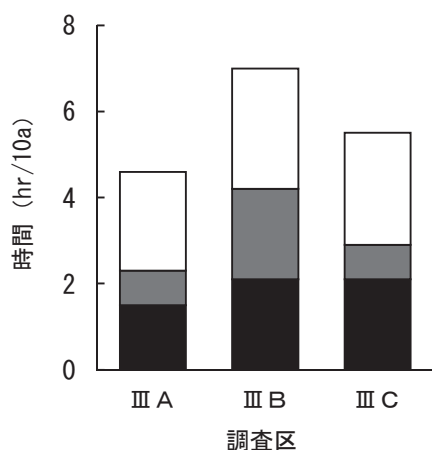


図1 作業体系別の稲WCS作製時間

■：刈り取り， ■：梱包， □：その他

は2.1時間/10aと1.4倍の時間を要した。また、梱包は乗用ロールベアーが0.8時間/10aであったのに対し、歩行型ロールベアーは2.1時間/10aと2.6倍の時間を要した。ロールベアーは歩行型(5ps)と乗用(6ps)を使用した。これらの処理能力が作業時間に影響を及ぼしたことに注目した。なお、その他の作業は主に集草とラップであったが、これらの作業時間は各調査区とも同等であった。

2) 収量

作業体系別に収量調査の結果を表3に示した。坪刈り収量から算出した面積当たりの推定収量は調査区ⅢAが4,121 kg/10aと最も多く、調査区ⅢBは4,075 kg/10aで調査区ⅢAとの差は小さく、最も少なかった調査区ⅢCは3,379 kg/10aと他の調査区との間に明らかな差を認めた。調査区ⅢCは比較的雑草量が多く、除草剤の効果が他よりも劣ったと考えられ、その原因を明らかにして生産技術に反映させたいと考える。また、調査区ⅢCは刈り取り時の稲わら含水率が54%と他よりも低く、これも収量低下要因の一つと考えられ、この原因究明も今後の課題である。

面積当たりのWCS作製数は調査区ⅢBが91梱包/10aと最も多く、調査区ⅢCと調査区ⅢAはそれぞれ70梱包/10a、67梱包/10aと大きな差はなく、調査区ⅢBとの間に明らかな差を認めた。1梱包当たりの重量は調査区ⅢCが26.1 kg/梱包と最も大きく、調査区ⅢAと調査区ⅢBはそれぞれ20.5 kg/梱包、19.6 kg/梱包と大きな差はなく、調査区ⅢCとの間に明らかな差を認めた。WCSの個重は調査区ⅢCの値が最大となったが、これは、ハンマーナイフモアによる刈り取りでは、コンバインによる細断よりも稲わらが細かく粉碎されること、また乗用ロール

表3 作業体系別の稲WCS生産量

調査区	作業機械の仕様		含水率 ³⁾ (%)	推定収量 ⁴⁾ (kg/10a)	WCS数 (梱包/10a)	WCS個重 (kg/梱包)	実収量 ⁵⁾ (kg/10a)	収穫率 ⁶⁾ (%)
	刈り取り ¹⁾	梱包 ²⁾						
ⅢA	乗用, 12ps	乗用, 6ps	58.6	4,121	67	20.5	1,374	34
ⅢB	歩行型, 8ps	歩行型, 5ps	55.7	4,075	91	19.6	1,784	43
ⅢC	歩行型, 8ps	乗用, 6ps	53.8	3,379	70	26.1	1,827	54

¹⁾ ⅢAはコンバイン，ⅢBとⅢCはハンマーナイフモア，²⁾ ロールベアー，³⁾ 刈り取り時の値，

⁴⁾ 坪刈り収量から算出，⁵⁾ WCS数と個重から算出，⁶⁾ 実収量/推定収量

ベアラ (6ps) は歩行型ロールベアラ (5ps) よりも梱包能力が高いためと推察した。

WCS の梱包数と個重から算出した面積当たりの実収量は調査区ⅢC が 1,827 kg/10a と最も多く、調査区ⅢB は 1,784 kg/10a で調査区ⅢC との差は小さく、最も少なかった調査区ⅢA は 1,374 kg/10a と他の調査区との間に明らかな差を認めた。調査区ⅢA、ⅢB およびⅢC の推定収量に対する収穫率はそれぞれ 34%、43% および 54% であった。これらはいずれも低率と判断されるが、最も低率となった調査区ⅢA ではコンバインで高刈りしたために残された株元が集草作業の障害となったこと、土壌混入を避けるためロールベアラのピックを高め設定したことなど、いくつかの理由が考えられる。また、本調査では籾の回収率を算出しなかったが、刈り取りと梱包に使用する機械によっては回収率に差が生じる可能性もあるため、今後の調査で確認したいと考えている。

3) 生産経費

生産経費の集計結果を表 4 に示した。収穫と WCS 作製にかかる面積当たりの経費はコンバインと乗用ロールベアラを組み合わせた調査区ⅢA が 14,844 円/10a と最も低単価で、次いで歩行型ハンマーナイフモアと乗用ロールベアラの調査区ⅢC が 16,590 円/10a、歩行型ハンマーナイフモアと歩行型ロールベアラの調査区ⅢB が 19,369 円/10a で最も高かった。WCS の重量当たりに換算すると、上述の順に 10.8 円/kg、9.1 円/kg および 10.9 円/kg となり、各調査区の差は比較的小さくなり、調査区ⅢA とⅢB の値は同等となった。これは、WCS の 1 梱包当たり重量と、面積当たり収量が関係しており、すなわち WCS 個重の値は調査区ⅢC が大きく、単収は調査区ⅢA が少なかったためである。

4. サイレージの発酵品質

各調査区で生産した WCS について、サイレージの発酵品質を評価して表 5 に示した。pH は調査区ⅡA とⅢC が 4.65、4.61 と比較的 low、次いで調査区ⅡB の 5.27、調査区ⅢA は 6.03 と最も高かった。安宅 (1991) はサイレージ調製が進むとともに pH が低下し、安定期には 4.2 以下になると述べており、本調査ではこれを指標値としたがいずれの調査区とも目標には達しなかった。しかし、永西・四十万谷 (1998)、平岡ら (2006)、勝部ら (2006) が飼料稲を供試した結果をみると pH は 3.6~5.3 の範囲にあり、これらと比較して調査区ⅡA とⅢC の評価は中程度と考えられる。一方、調査区ⅢA の 6.03 は明らかに大きく、また調査区ⅡB の 5.27 は平岡ら (2006) がスーダングラス (ヘイスーダン) を供試した結果の 3.6~4.0 と比較して明らかに大きかった。

全窒素 (T-N) と揮発性塩基態窒素 (VBN) の値から求めた発酵品質指標 (VBN/TN) は調査区ⅡA が 3.4% と最も低く、次いで調査区ⅢA の 8.3%、調査区ⅡB は 11.0%、調査区ⅢC は 12.6% と最も高かった。VBN/TN による品質基準は 8% 以下が「高品質」、15% 以下が「中品質」、15% を超えると「低品質」とされており (安宅, 1991)、本調では調査区ⅡA が「高品質」、それ以外は「中品質」と判

表 4 稲 WCS 生産経費

調査区	面積当たり (円/10a)	WCS 重量当たり (円/kg)
ⅢA	14,844	10.8
ⅢB	19,369	10.9
ⅢC	16,590	9.1

表 5 サイレージ品質の評価結果¹⁾

調査区	草種 (品種)	pH	VBN/TN (%)	フリーク評点	V-スコア
ⅡA	たちすずか	4.65	3.4	—	—
ⅡB	ヘイスーダン	5.27	11.0	—	—
ⅢA	たちすずか	6.03	8.3	70	93
ⅢC	たちすずか	4.61	12.6	98	80

¹⁾ 貯蔵 90 日後、— : 未調査

定された。調査区ⅡAの品質が優れていたのは、稲わらの細断長を15cmに揃えることができ、梱包密度を高く保てたことが要因と推察する。

乳酸、酢酸および酪酸の含有割合から求めたフリーク評点は調査区ⅢAが70、調査区ⅢCは98であった。フリーク評点による品質基準は6等級に区分され、最も上位は81~100の「優」、次いで61~80の「良」とされており(安宅, 1991)、調査区ⅢAは「優」、ⅢCは「良」と判定された。

VBN/TNの値と、酢酸、酪酸およびプロピオン酸の含有割合から求めたVスコアは調査区ⅢAが93、調査区ⅢCは80であった。平岡ら(2006)と、勝部ら(2006)が飼料稲を供試した結果をみるとVスコアは0~92の範囲にあり、これに対して2調査区の値は比較的高いと考えられた。また、80以上が「良」、60以上が「可」、60未満が「不良」と区分された報告があり(森, 2006)、この基準に従うと2調査区とも「良」と判定される。

IV おわりに

本調査は、現地ほ場で農業用小型機械を使用し、耕作放棄地の復田と畑地化、さらに自給飼料としてWSCの生産を実証した。供試機械は使用可能な数種類であり、作業体系を網羅したものではないが、数通りの作業モデルにおいて作業時間、生産量、経費など具体的なデータを得ることができ、生産したWSCは中~高品質であることを確認した。一方で、機械の作動不良や収穫残渣が多いことなど、いくつかの課題を把握した。

作業要素のうち、放牧による除草効果の大きさがあらためて確認でき、作業体系に取り入れることを奨励したい。また、耕作放棄地を優占している草本類については、飼料としての価値が検討されており(堤, 2013)、耕畜連携が進むことに期待している。

本調査と同様な報告例は少なく、例えば三谷・上田(2016)は除草と灌木処理など耕作放棄地の再生手法を紹介しているが、本調査とは対象農地の現状や使用機械が異なるため直接比較することはできない。また、本調査目的の一つであるWSCの小ロット生産と、作業効率や生産性に優れていることが明らかなWSC生産専用の大型機械による作業体系との比較は避けるべきと考える。

耕作放棄地の現状と農地再生後の利用形態は様々であり、画一的な作業体系を示すことは困難である。今後は本調査結果を補完する多くの事例を収集し、各機械の使用方法や組み合わせを整理して、現地毎に提示できるメニュー方式の作業マニュアルを検討する必要がある。

V 謝辞

調査用としてほ場の使用を承諾して頂き、また管理作業の一部を代行して頂いた生産者の方々に厚くお礼を申し上げる。また、有機酸分析にご協力いただいた島根県産業技術センター浜田技術センターに感謝の意を表す。

引用文献

- 安宅一夫(1991)サイレージの基礎(農業技術大系畜産編7(追記第10号)、農山漁村文化協会編、農山漁村文化協会):85-108.
- 永西修・四十万谷吉郎(1998)稲ホールクroppサイレージの発酵特性. 日草誌 44(2):179-181.
- 平岡啓司・山本泰也・浦川修司・山田陽稔・荻田修一・後藤正和(2006)飼料イネ附着乳酸菌事前発酵液のサイレージ調製不適条件における添加効果とその作用機作. 日草誌 52(2):89-94.
- 服部育男・佐藤健次・小林良次・只野克紀・上村慶治・小原信孝・伊藤尚勝(2006)フレール型ロールベアラで収穫したイネ科飼料作物サイレージの発酵品質. 日草誌 52(3):161-165.
- 三谷誠次郎・上田純一(2016)農業機械を活用した耕作放棄地の復元方法. 農耕と園芸 71(7):48-52.
- 森登(2006)乳酸菌添加による飼料稲の発酵品質と嗜好性. 畜産技術ひょうご 83, 公益社団法人兵庫県畜産協会. <http://hyougo.lin.gr.jp/ghyogo/83/gijutu.htm> (2017.1.25ダウンロード)
- 島根県(2017)島根県酪農・肉用牛生産近代化計画書.
- 島根県(2014)島根県飼料作物・牧草奨励品種
- 堤道生(2013)耕作放棄地の放牧利用による農地活用に向けた研究の取り組み. 日草誌 59(3):221-225.
- 吉田宣夫(2012)水田活用による飼料の自給率向上と持続的畜産のために. 日草誌 58(1):32-36.

報告書の種類

総説：特定の題目について著者や他人の研究をまとめたもの。

論文：研究の結果をまとめ、これに考察と結論を与えたもの。

短報：小さいが新しい知見の速報，既知の知見の再認識，新しい研究方法などを短くまとめたもの。

資料：利用価値をもつ観察や試験データとその解釈。

2017（平成29年）5月発行

発行者 島根県中山間地域研究センター
〒690-3405 島根県飯石郡飯南町上来島1207
TEL (0854) 76 - 2025 (代)
FAX (0854) 76 - 3758
URL <http://www.pref.shimane.lg.jp/chusankan/>

印刷所 株式会社 クリアプラス
